



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÝ PROJEKT VÝROBNÍ LINKY NA VÝROBU PLASTOVÝCH OKEN

TECHNOLOGICAL PROJECT OF PRODUCTION LINE FOR PLASTIC WINDOWS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JINDŘICH NEJEDLÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jindřich Nejedlý

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Technologický projekt výrobní linky na výrobu plastových oken

v anglickém jazyce:

Technological project of production line for plastic windows

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární studii z oblasti technologie výroby dílců z plastických hmot a oblasti technologického projektování
2. Zhodnoťte současný stav výroby a technologické úrovně daného pracoviště (výrobní linky)
3. Navrhněte možné varianty projektových změn, technicko-organizačních opatření a racionalizace výrobní linky s uplatněním nezbytných kapacitních propočtů
4. Proved'te vyhodnocení variantních návrhů úprav s výběrem optimální varianty
5. Vybranou variantu rozpracujte do podoby technologického projektu s kapacitními propočty, dispozičními výkresy a dokumentací materiálových toků
6. Proved'te ekonomické vyhodnocení výhodnosti návrhu řešení

Cíle diplomové práce:

Řešením základních bodů zadání, zahrnujících mimo studii i rozbor problematiky, návrh způsobů řešení s výběrem optimální varianty a jejím zpracováním a ekonomickým posouzením budou prověřeny nejen odborné znalosti studenta, ale i jeho schopnosti dobré profesní orientace při řešení zadaného úkolu z průmyslové praxe.

Seznam odborné literatury:

Odborná literatura z oblasti technologie tváření

Odborná literatura z oblasti technologického projektování

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Brno: VUT – FSI . 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4

DVOŘÁK, Milan.,GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření (Plošné a objemové tváření). Brno: VUT – FSI. 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI. 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI . 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: VUT – FSI .1992.186 s. ISBN 80-214-0401-9

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT – FSI.1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů. Brno: VUT – FSI. 1987. 201 s.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. Bratislava: Alfa. 1990. 399 s. ISBN 80-05-00103-7

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno: VUT – FSI.1996. 261 s. ISBN 80-85967-95-8

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 19.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá racionalizací výrobní linky na výrobu plastových oken ve firmě RI OKNA a.s. Je provedeno zhodnocení současného stavu výrobní linky, odhalení slabých míst a na jejich základě jsou navrženy varianty na vylepšení. Vítězná varianta je vypracována do podoby technologického projektu a podrobena ekonomickému zhodnocení.

Klíčová slova

Technologický projekt, výrobní linka, plastové okno, zpracování plastů.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on rationalization of production line for plastic windows production in RI OKNA a.s. (Inc.). Evaluation of production line's current estate is being done as well as weak point detection. On these bases some new variations for improvement are being suggested. The winning variation is drawn up into the technological project and put through an economical evaluation.

Key words

Technological project, production line, plastic window, manufacturing of plastic materials.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NEJEDLÝ, J. *Technologický projekt výrobní linky na výrobu plastových oken*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 75 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Technologický projekt výrobní linky na výrobu plastových oken* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 28.5.2009

.....
Jméno a příjmení diplomanta

Poděkování

Děkuji tímto panu doc. Ing. Pavlu Rumíškovi, Csc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Petru Ingrovi za poskytnutí možnosti vypracovat diplomovou práci ve firmě RI OKNA a.s. a panu Mgr. Pavlu Poláškovvi za pomoc při sběru informací. Stejně tak patří můj dík všem ostatním zaměstnancům, kteří pomohli svými radami a připomínkami. V neposlední řadě chci poděkovat Petře Tiché a Aleši Horákovi za poskytnutí potřebného technického vybavení a své rodině za podporu.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	10
LITERÁRNÍ STUDIE	11
1 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ	12
1.1 Zpracování technologického projektu.....	12
1.2 Organizační členění výrobního závodu	15
1.3 Plochy závodu	15
1.4 Rozdělení pracovníků.....	15
1.5 Strojní pracoviště	16
1.6 Druhy strojů a typy jejich uspořádání.....	17
1.6.1 Volné uspořádání	17
1.6.2 Technologické uspořádání.....	18
1.6.3 Předmětné uspořádání.....	18
1.6.4 Modulární uspořádání.....	19
1.6.5 Buňkové a hnízdové uspořádání	20
1.6.6 Kombinované uspořádání.....	20
1.7 Materiálový tok a manipulace	20
1.8 Dispoziční řešení návrhů výroby	22
1.8.1 Prostá trojúhelníková metoda	22
1.8.2 Metoda souřadnic.....	23
1.8.3 Výsledek dispozičního řešení.....	24
1.9 Rozhodovací analýza	24
1.10 Ekonomické účinky návrhů.....	25
1.10.1 Ekonomické srovnání variant.....	26
1.10.2 Nákladová návratnost	26
2 ZPRACOVÁNÍ PLASTICKÝCH HMOT	27
2.1 Plasty a jejich vlastnosti	27
2.2 Třískové obrábění termoplastů	28
2.2.1 Podmínky pro obrábění	28
2.2.2 Řezání termoplastů.....	28
2.2.3 Frézování termoplastů.....	29
2.2.4 Vrtání termoplastů.....	30
2.3 Svařování termoplastů	30
POPIS A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU VÝROBY	32
3 společnost RI OKna a.s.....	33
4 VÝROBEK.....	33
5 STAVEBNÍ ČÁST PROJEKTU	35
5.1 Výrobní hala.....	35
6 SKLADOVÁNÍ	35
7 ROZDĚLENÍ PRODUKTŮ A REALIZACE VÝROBY NA VÝROBNÍCH LINKÁCH.....	36
8 ROZBOR VÝROBNÍ LINKY VL3.....	37
8.1 Pracoviště umístěné mimo výrobní linku.....	38

8.1.1 Pracoviště pásové pily Pilous TMJ ARG 240 S.A.F.	38
8.1.2 Pracoviště pily Elumatec GLS 192	38
8.2 Pracoviště, tvořící hlavní technologické uzly výrobní linky.....	39
8.2.1 Pracoviště obráběcích center Elumatec SBZ 610 a SBZ 608	39
8.2.2 Pracoviště dvouhlavé nářezové pily Elumatec DG 142	40
8.2.3 Pracoviště obráběcího centra Elumatec SBZ 608	41
8.2.4 Pracoviště šroubovací jednotky Elumatec ADS 259/11	41
8.2.5 Pracoviště svařovacího automatu Stürtz SE-VSM-30/26B a začišťovacího automatu Stürtz SE-4AS-CNC	42
8.2.6 Pracoviště montáže gumového těsnění a sloupků	43
8.2.7 Pracoviště stolu FAZ 2800 na montáž kování	43
8.2.8 Pracoviště kompletace rámu a křidel	44
8.2.9 Pracoviště zasklívací stolice VE 3000	44
8.3 Manipulace v lince	45
9 NÁSTROJOVÉ HOSPODÁŘSTÍ.....	45
10 ŘÍZENÍ A PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	45
10.1 Softwarové řízení výroby	45
10.2 Plánování výroby	46
11 SOUHRN PODKLADŮ A HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU	46
11.1 Nedostatky současného řešení a stávající výroby.....	47
NÁVRHY RACIONALIZACE VÝROBNÍ LINKY	49
12 Předmět návrhů.....	50
13 Projektové omezení.....	50
14 Návrhy racionalizace	50
14.1 Předměty racionalizace	50
14.2 Návrh řešení A.....	51
14.3 Návrh řešení B.....	52
14.4 Srovnání variant	55
TECHNOLOGICKÝ PROJEKT	59
15 Kapacitní propočet.....	60
15.1 Výpočet vyráběných kusů v upravené lince.....	60
15.2 Výpočet časových fondů	60
15.3 Výpočet pracovišť	61
15.3.1 Výpočet počtu strojů.....	61
15.3.2 Výpočet ručních pracovišť.....	61
15.3.3 Využití strojů a ručních pracovišť.....	62
15.3.4 Zhodnocení využití pracovišť.....	63
15.4 Výpočet výrobních ploch.....	63
15.4.1 Plochy pracovišť	63
15.4.2 Zhodnocení využití výrobních ploch	64
16 Ekonomické zhodnocení	64
16.1 Hodnocení obrátu.....	64
16.2 Hodnocení tržeb	65
16.3 Hodnocení nákladů	65
16.3.1 Náklady na pořízení strojů	65
16.3.2 Náklady obětované příležitosti	66
16.3.3 Náklady na zaměstnance.....	66
16.3.4 Náklady na materiál	66

16.3.5 Náklady na režie	67
16.3.6 Náklady na spotřebovanou elektrickou energii.....	67
16.4 Nákladová návratnost.....	67
16.5 Zhodnocení ekonomického propočtu.....	69
17 Zhodnocení projektu	69
Závěr	70
Seznam použitých zdrojů	71
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	73
Seznam příloh	75

ÚVOD

Budování nových výrobních systémů či jejich inovace je běžnou součástí průmyslu. Technologický projekt je souhrn činností, jejichž cílem je zabezpečit tyto rozvojové procesy a zajistit efektivnost budoucí plánované výroby. Má určit základní využití hmotných zdrojů, které vstupují do výroby a zajistit na konci výrobního procesu hotový výrobek a jeho expedici zákazníkovi.

RI OKNA a.s. je jedna z největších firem v České republice zabývající se výrobou a montáží plastových okenních systémů. Svojí silnou pozici na současném trhu si udržuje nejen díky své široké obchodní síti, ale především díky kvalitě prodáváných výrobků, která je dosahována pomocí moderní technické vybavenosti výroby, řádné přípravy technologických procesů a snahy o zdokonalování celého výrobního systému.

Předmětem této diplomové práce je zajištění chodu výrobní linky v této firmě. Úkolem je zhodnotit současný stav výroby, odhalit jeho rezervy či nedostatky a na jejich základě sestavit navrhované racionalizační úpravy. Ty budou vypracovány ve formě technologického projektu včetně celkového ekonomického zhodnocení.

LITERÁRNÍ STUDIE

1 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Technologické projektování je technicko-ekonomická činnost zaměřená na zpracování projektu budoucího výrobního systému. Cílem je určit technické a organizační stránky výroby s ohledem na optimální využití hmotných zdrojů, pracovních sil a časových možností. Zároveň je nutné zajistit dodržování platných bezpečnostních norem a požadavků ekologických předpisů. [9]

Na začátku projektové činnosti stojí potřeba ujasnit a ohraničit předmět řešení projektu. Objektem může být pracoviště jednotlivce, výrobní linka, ale i výrobní systém, dílna nebo průmyslový závod. U malých objektů je situace jednoduchá a přehledná. Do problému vstupuje pouze menší počet pracovních sil a výrobních prostředků. U větších celků se ale zkoumání komplikuje zvětšujícím se počtem jeho částí a ovlivňujících faktorů. Zde je nutné složité systémy rozložit na jednotlivé dílčí komponenty a zkoumat jejich vzájemné vazby. Proto základem každého technologického projektu je poznání prvků zkoumaného systému a jeho vazeb. [3,8]

Dalším problémem každého projektu je znát cíl, který je potřeba splnit. Jeho zajištění je nejdůležitějším aspektem pro realizaci projektu. Před svým schválením je projekt vystaven konfrontaci mezi požadovanými a dosaženými cíli. Zároveň je posuzován z hlediska nákladové, časové a prostorové náročnosti, která musí být co nejmenší. Proto by měl projekt kromě splnění daného úkolu být schopný realizace za co nejnižších nákladů, v co nejkratším čase a s minimem potřebných prostor. [3]

1.1 Zpracování technologického projektu

Technologický projekt má mnoho různých fází :

- etapa průzkumová a rozborová
- zpracování návrhů
- výběr nejlepší varianty
- rozpracování konečné varianty
- ekonomické zhodnocení
- schvalování, realizace.

[8]

První etapa plánování je průzkum (diagnostika). Slouží k seznámení se se zadaným systémem, jeho nedostatky či problémy. Objevují se první nástinu možného řešení a potřeba získání informací o systému. Jejich sběr je také součástí první fáze. Sběr informací bývá často z organizačního hlediska opomíjen. Přesto je důležité zajistit, aby byl organizovaný a všechny informace byly dostupné v potřebnou dobu. [3,8]

Sběr informací je možno provádět dvěma způsoby – pozorováním nebo vyhledáním v záznamech. První varianta může být zdlouhavá a těžko proveditelná, zaručuje ovšem aktuální hodnoty a je možné se při ní zaměřit přesně na žádaný objekt nebo činnost. Získávání údajů z evidence je na druhou stranu rychlé a dostupné. Nevýhodou pro projektanta zůstává často nutnost získané údaje a veličiny převádět, přepočítávat nebo upravovat. Hlavní informace, ze kterých projekt vychází jsou následující – roční výrobní program a výhledový plán, technické výkresy, rozpisky, technologické postupy (čísla pracovišť, jejich obsazení dělníky, příkon strojů) a výkonové normy. [3,8]

Před rozbořem informací se provádí jejich zpracování a odstraňují se chyby vzniklé náhodnými vlivy. Rozbor získaných informací se dotýká celého výrobního systému (rozbor vybavenosti stroji, technického stavu, úrovně mechanizace a automatizace, rozbor nákladů, toku materiálu, vlastností výrobku atd.). V této části začínají vznikat možné varianty řešení zadaného problému. Jednotlivé návrhy zatím nevyžadují podrobné rozpracování. Vypracovávají se především z hlediska těch údajů, které jsou nezbytné pro výběr optimální varianty, což přináší úsporu času a projektových kapacit. Výslednému návrhu se následně věnuje projektant dopodrobna. [3,8]

Jednou z nejdůležitějších částí tvorby projektu jsou kapacitní propočty, které nám stanovují potřeby budoucího systému. Jsou to například:

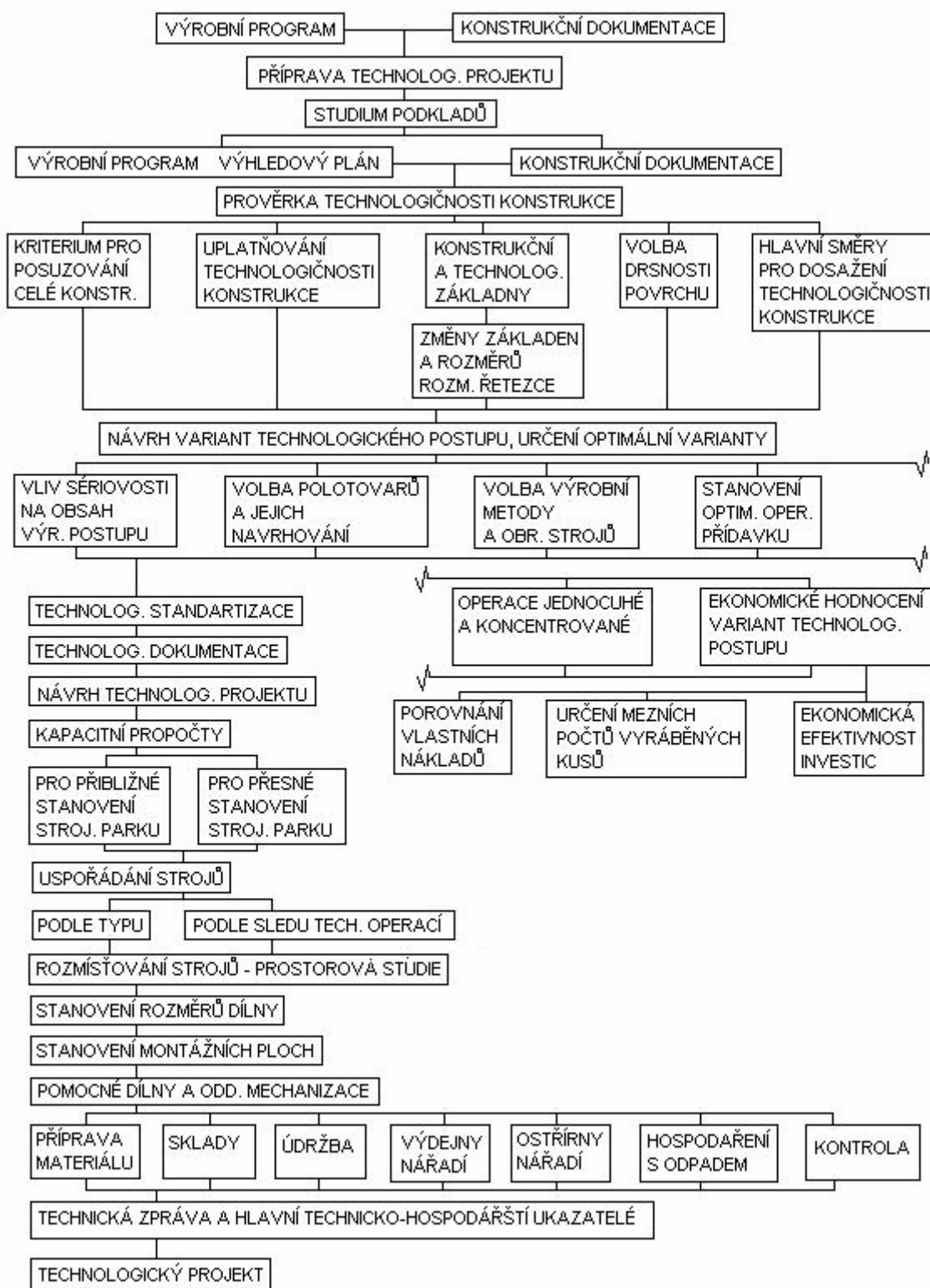
- počet strojů a technologických zařízení
- počet dělníků výroby strojní a ruční
- počet pomocných dělníků
- velikosti potřebných ploch výrobních a pomocných
- spotřeba materiálu
- spotřeba energie.

[8]

Cílem kapacitního propočtu je kvantifikace potřebných prvků výrobního systému. Při inovacích již existujících výrob jsou kapacitní propočty dobrým nástrojem pro zjištění jak nedostatku strojů a vybavení, tak odhalení nevyužitých zařízení. Z výsledků se také sestavuje předběžná kalkulace celé investice. [3,8]

Po vypracování propočtů se přistupuje k řešení dispozičního řešení. Do dnešní doby bylo odzkoušeno několik různých metod, které mají projektantovi sestavování optimální dispozice usnadnit. [3,8]

V poslední fázi se zpracuje technologická a projektová dokumentace spolu s ekonomickým zhodnocením celého projektu. Přibližný postup jednotlivých činností během zpracování projektu je zřejmý z obr.1. [8]



Obr.1.1 Schéma tvorby technologického projektu [8]

1.2 Organizační členění výrobního závodu

Strojírenský závod se člení z technologického hlediska na dvě části – útvary průmyslově výrobní a útvary nevýrobní. [8]

Výrobní část zaujímá většinu plochy závodu. Zastoupeny jsou zde části samotné výroby (předhotovující, zhotovující, dohotovující), kde se zhotovují výrobky nebo součásti dané výrobním programem. Část zaujímají také pomocné výroby, které zajišťují chod hlavní výroby. Sem patří nářaďovny, opravny, údržby apod. Nedílnou součástí výrobních ploch je obsluhující hospodářství jako sklady, doprava a také správní útvary. [8]

Do nevýrobní části spadají útvary jako závodní jídelna, ubytování, hřiště. [8]

1.3 Plochy závodu

Plocha každého závodu jde rozdělit na dvě části – plochu využitou a nevyužitou. Plocha využitá je zastavěna budovami, komunikacemi, slouží pro otevřené sklady, nádrže apod. Zbylé plochy jsou potřebné převážně z hlediska dodržování bezpečných vzdáleností jednotlivých budov, protipožární ochrany nebo třeba z hygienických důvodů. [8]

Využitou plochu je možné dále členit na plochu zastřešenou (budovy a jiné kryté objekty) a nezastřešenou (nepřestřešené sklady, silnice, chodníky, ploty, plocha pro energetické rozvody). [8]

Dělení ploch útvarů průmyslové činnosti:

- provozní podlahová plocha – jsou to plochy strojních a ručních pracovišť, plochy skladů, dopravy, plochy nářaďoven, údržby
- správní podlahová plocha – kanceláře
- sociální podlahové plochy – jídelny, umývárny, šatny, ošetrovny [8]

1.4 Rozdělení pracovníků

Pracovníky průmyslové výroby dělíme do několika kategorií :

- dělníci
- pomocní obsluhující pracovníci – skladníci, pracovníci dopravy
- inženýrsko-techničtí pracovníci – konstruktéři, technologové, vedoucí provozů, pracovníci kontroly
- administrativní pracovníci – pracovníci v účtárně, v nákupu, odbytu
- pracovníci ostrahy
- pracovníci neprůmyslové činnosti – uklízeči, pracovníci jídelny. [8]

Nejdůležitější kategorií se při kapacitních propočtech stávají dělníci. Pro účely projektu je potřeba tuto část pracovníků dále rozdělit:

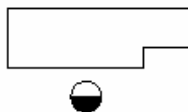
- základní výrobní dělníci – tito se podílejí přímo na výrobě hotového výrobku, zajišťují přeměnu polotovaru
- pomocní dělníci základní výroby – pracovníci v údržbách, ostřírnách
- výrobní dělníci pomocné výroby – pracovníci v nářaďovnách
- pomocní dělníci pomocné výroby. [8]

Ve všech skupinách se vyskytují dělníci strojní a dělníci na ručních pracovištích.

1.5 Strojní pracoviště

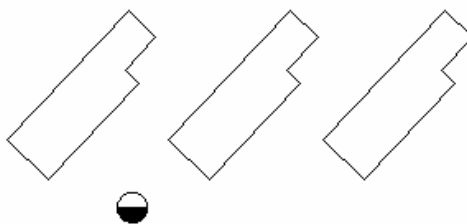
Součástí každého strojního pracoviště je stroj a dělník, který ho obsluhuje. Podle počtu obslužných dělníků se dělí na [8] :

- normální pracoviště – nejčastější případ, jeden dělník obsluhuje jeden stroj



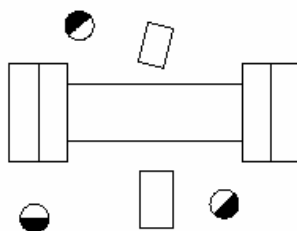
Obr 1.5.1 Normální pracoviště [8]

- pracoviště s víceobsluhou - dělník obsluhuje více než jeden stroj



Obr.1.5.2 Pracoviště víceobsluhy [8]

- pracoviště s méněobsluhou - jeden stroj je obsluhován více dělníky.



Obr.1.5.3 Pracoviště méněobsluhy [8]

1.6 Druhy strojů a typy jejich uspořádání

Stroje se dělí do dvou základních skupin – výrobní a pomocné. Stroje výrobní se podílí přímo na hlavním výrobním procesu. Člení se dále na řadové, které jsou během dne plně vytíženy na jednu a více směn, a doplňkové. Ty jsou rovněž součástí hlavní výroby, ale na rozdíl od řadových nejsou během dne vytíženy plně ani na jednu směnu. Stroje pomocné do hlavního výrobního procesu zařazeny nejsou. Používají se v ostřírnách, údržbách apod. [8]

Posouzení vhodnosti výrobního zařízení se provádí na základě kritérií technologických a ekonomických. Každé zařízení musí splňovat tyto základní požadavky:

- druh a způsob použité technologie
- maximální rozměr polotovaru a tvarovou složitost výrobku
- jakost výroby
- požadavky na údržbu a spolehlivost provozu
- výrobní množství
- růst produktivity výroby
- ekonomický přínos.

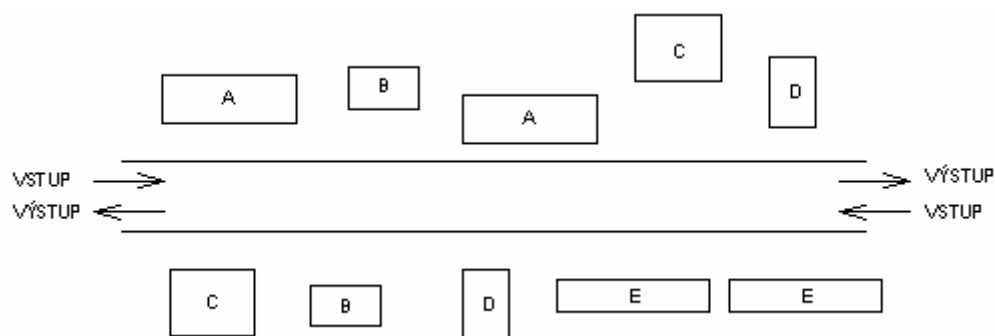
[10]

Uspořádání strojů se děje v návaznosti na předchozí rozbor a metody dispozičního řešení. Optimální rozmístění se řeší vzhledem k plynulému a nevratnému toku materiálu, k jednoduchosti, přímočarosti a hospodárnosti výroby. Je také nutné brát zřetel na co nejmenší nároky na manipulaci a potřebný prostor a dodržet zásady bezpečnosti práce. [3,8]

Uspořádání pracovišť lze rozdělit do následujících způsobů – volné, technologické, předmětné, modulární a buňkové. Pro výběr některého typu je rozhodující sériovost a opakovatelnost výroby, rozsah vyráběného zboží a jeho velikost, technologická podobnost součástí, počet operací a náročnost výroby.

1.6.1 Volné uspořádání

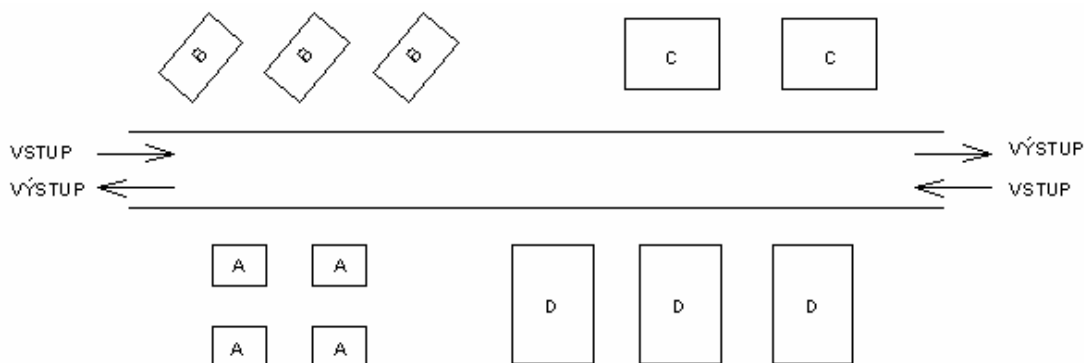
Je to nejméně používané uspořádání, stroje a pracoviště jsou umísťovány čistě náhodně. Uplatňuje se ve výrobach, kde není dopředu znám směr materiálového toku a návaznost operací nebo organizační či řídicí vztahy. nebo především pak v kusových výrobach. Bývá použito v dílnách, kde převažuje kusová výroba. [8]



Obr. 1.6.1 Schéma volného uspořádání [8]

1.6.2 Technologické uspořádání

Při tomto uspořádání se v dílnách vytváří skupiny technologicky podobných strojů, např. skupina soustruhů, frézek, svářeček. Používá se v kusových a malosériových výroбах, kde každý výrobek postupuje výrobou rozdílně a není tak možnost určit jednoznačný materiálový tok. [1,2]



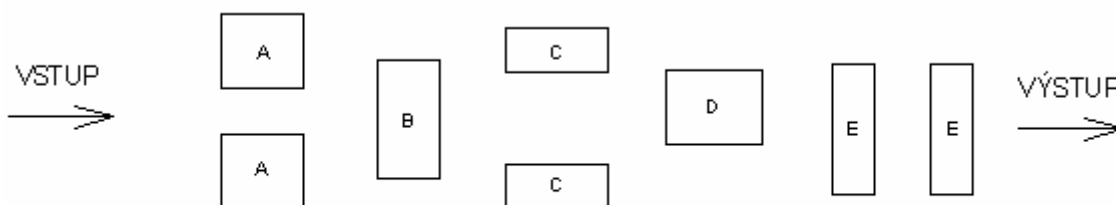
Obr. 1.6.2 Schéma technologického uspořádání [8]

1.6.3 Předmětné uspořádání

Uplatňuje se v hromadných nebo velkosériových výroбах, kde se uspořádání strojů podmiňuje technologickému postupu vyráběné součásti. Ideálně je toto uspořádání voleno v případě výroby jednoho typu tvarově stejných součástí. Jejich pohyb výrobou je totožný a vznikají výrobní linky. Pro takovéto uspořádání je vysoká úroveň technické přípravy výroby a plánování nutností. [3,8]

Podle počtu vyráběných součástí se linky rozlišují na pružné a proudové. Pružné nebo také vícepředmětné linky se používají při výrobě větší skupiny součástí. Uplatňují se převážně ve středněsériové výrobě a vybavují se hlavně univerzálními stroji s konvenčním nebo NC řízením. Projektují se převážně podle výrobního postupu nejpočetnější součásti. Proudové linky bývají

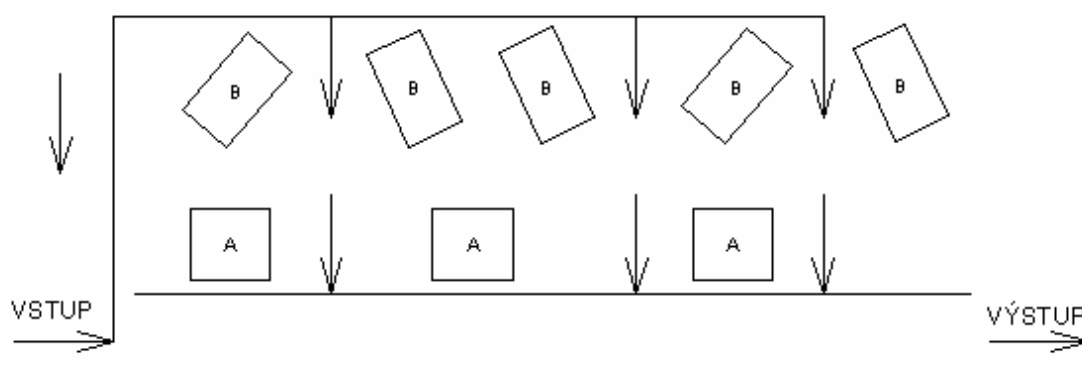
většinou jednopředmětné. Dají se rozdělit na synchronní a nesynchronní. V prvním případě se jedná o linku, u níž jsou práce na jednotlivých pracovištích časově vyvážené a takt pracoviště je roven taktu celé linky (automatizovaná synchronní linka je nejvyšším stupněm předmětného uspořádání). U nesynchronní linky tomu tak není a takty jednotlivých pracovišť se mohou lišit. Proudové linky se užívají skoro výhradně v hromadné nebo velkosériové výrobě. [9]



Obr. 1.6.3 Schéma předmětného uspořádání [8]

Výhodami jsou zkrácené mezioperační časy a manipulační dráhy, menší náklady na skladování, menší rozpracovanost a potřeba výrobní plochy. Nevýhody se objevují především při změně výrobního programu, kdy je nutné reorganizovat uspořádání strojů a snižuje se jejich využití. Stroje jsou většinou speciální s náročnější konstrukcí, což znamená zvýšení nákladů na jejich pořízení a při poruchách přerušení nebo snížení výroby a vyšší náklady na opravy. [3,8]

1.6.4 Modulární uspořádání



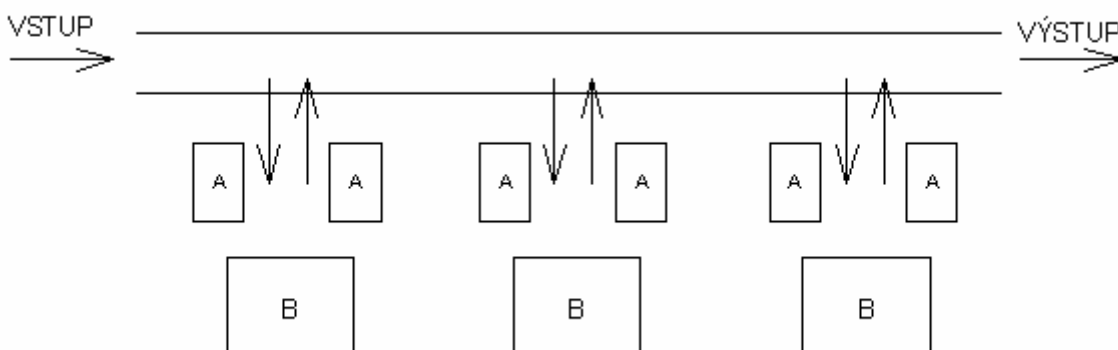
Obr. 1.6.4 Schéma modulárního uspořádání [8]

Výrobní stroje jsou uspořádány do tzv. modulů. Jedná se o skupiny stejných technologických bloků, které mají každý několik technologických funkcí. Charakteristické je skupinové využití NC strojů a obráběcích center. Modulové uspořádání má všeobecně vysokou produktivitu práce a je výhodné ho využívat ve vícesměnných provozech. Dobrá úroveň technické přípravy výroby je samozřejmostí. Výhodami jsou zkrácení mezioperačních časů a průběžné

doby výroby, menší manipulační dráhy a lepší organizace práce. Nevýhodou jsou větší náklady na pořízení strojů. [8]

1.6.5 Buňkové a hnízdové uspořádání

Buňkové uspořádání je podobné modulárnímu. Základem je buňka, kterou tvoří výkonný stroj a mechanizované nebo automatizované okolí. Jedná se často o plně automatizované nebo robotizované pracoviště. Je kladen důraz na dokonale zvládnutou manipulaci a řízení. Vysoká produktivita práce opět předpokládá využití ve vícesměnných provozech. V montážních dílnách se vyskytuje tzv. hnízdové uspořádání, které je s buňkovým totožné. Výhodou je automatizovaná a minimalizovaná manipulace a krátké mezioperační časy. Nevýhodou jsou opět vyšší pořizovací náklady. [3,8]



Obr. 1.6.5 Schéma buňkového uspořádání [8]

1.6.6 Kombinované uspořádání

Při zpracování velkého projektu je často výhodnější jednotlivé způsoby vzájemně kombinovat. Projektant v takovém případě využívá výhod jednotlivých uspořádání a snaží se minimalizovat jejich nevýhody. Běžné je skloubení technologického a předmětného způsobu. Kombinace volného a např. modulárního uspořádání je možné využít tam, kde při pořízení nových strojů je přestavba stávajícího stavu nemožná. [3,8]

1.7 Materiálový tok a manipulace

Materiálový tok je organizovaný pohyb materiálu, spojující výrobní operace nebo výrobní fáze. Utváří se zejména podle výrobního postupu. Je ovlivňován technologickou složitostí výrobků, rozsahem vyráběného sortimentu a sériovostí. Na manipulaci je potřeba se dívat komplexně z prostorových, časových a funkčních potřeb výrobního systému. [9]

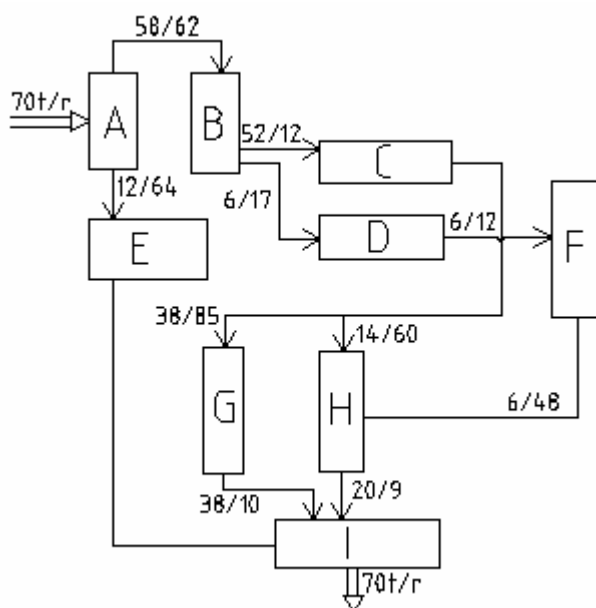
- Rozdělení manipulace : - meziobjektová
 - objektová - mezioperační
 - operační [9]

Pro zajištění optimálního materiálového toku jsou stanoveny tyto zásady manipulace:

- přímé a nejkratší dopravní cesty bez křížování a zpětných kroků
- vyloučení zbytečných manipulací s materiálem
- rytmičnost, nepřetržitost a plynulost materiálového toku
- zvýšení podílu mechanizované manipulace. [9]

Důležitou informací pro řešení prostorové dispozice výroby je směr a intenzita materiálového toku. Obojí je možno sledovat pomocí šachovnicové tabulky, ve které jsou zaznamenány informace, odkud kam tok směřuje, množství přepravovaného materiálu a případně také četnost frekvence přepravních činností. [3]

Intenzitu toku je možno názorně vyjádřit ve schématu pracovišť a dopravních cest (obr. 1.7). První číselný údaj u manipulační dráhy udává množství materiálu (podle potřeby např. v kilogramech nebo tunách za určitý časový úsek), číslo pod lomítkem délku dopravní cesty (např. v metrech). [9]



Obr. 1.7 Schéma dopravních cest materiálu [9]

Pohled na tok materiálu utvořený výrobním postupem je nutno před řešením dispozičního řešení doplnit i o vedlejší vztahy a činnosti, které nejsou součástí samotného výrobního postupu. Jedná se o vztahy k obslužným a pomocným činnostem, které je potřeba integrovat do materiálového toku. [9]

1.8 Dispoziční řešení návrhů výroby

Po vypracování kapacitních propočtů, zjištění počtu potřebných pracovníků a pracovišť, přichází potřeba řešit prostorové rozmístění části výroby. Projektant se řídí především návazností prací na jednotlivých pracovištích a velikostí materiálového toku. V dnešní době existuje řada metod, které mají hledání optimálního dispozičního uspořádání usnadnit. K nejpoužívanějším metodám patří např.: metoda kruhová, trojúhelníková, metoda S.L.P., metoda těžiště, souřadnic, návaznosti operací atd. Projektant většinou nevyužívá pouze jednu metodu, ale výsledky všech vzájemně kombinuje a doplňuje o své znalosti a zkušenosti. [3,8]

1.8.1 Prostá trojúhelníková metoda

Jedná se o poměrně jednoduchou metodu. Je založená na pevnosti vazeb mezi různými pracovišti. Pevnost je určena vždy jedním vztahem, např. velikostí hmotného toku mezi pracovišti nebo počtem přepravovaného množství. [3]

Princip metody vyplývá ze skutečnosti, že mezi dvěma objekty se společným vztahem existuje nejkratší možné spojení, které leží na jedné přímce. Při spojení třetího objektu vzniká nejkratší spojení ve tvaru trojúhelníka. Čtvrtý se umísťuje nejbližší k těm dvěma prvkům, se kterými má nejpevnější vazbu. Umísťování dalších objektů se děje podle stejného systému. [7]

Příklad – úkolem je určit nejvýhodnější rozmístění strojů A, B, C, D, E. Jejich vztah je dán počtem přepravovaných kusů.

Řešení [3]

- sestavíme šachovnicovou tabulku, číselné údaje odpovídají množství přepravovaných kusů

Tab.1.8.1.1 Šachovnicová tabulka pro trojúhelníkovou metodu

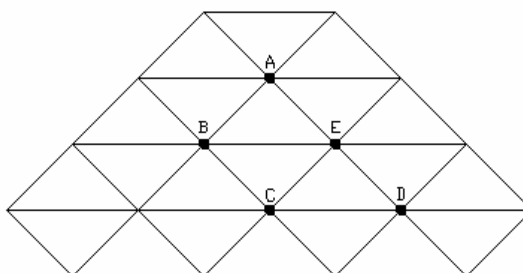
		příjemce					expedice
		A	B	C	D	E	
odesílatel	pracoviště						
	sklad	856	-	141	300		
	A	/	651	-	94	493	-
	B	61	/	204	43	126	1206
	C	52	154	/	298	159	
	D	24	182	-	/	529	
	E	245	653	318	-	/	91

- na základě tabulky spočítáme celkové množství přepravované mezi jednotlivými pracovišti

Tab. 1.8.1.2 Tabulka přepravovaného množství

Kombinace pracovišť	A-B	A-C	A-D	A-E	B-C	B-D	B-E	C-D	C-E	D-E
počet kusů	720	52	118	738	358	225	779	298	477	529
pořadí důležitosti	3	10	9	2	6	8	1	7	5	4

- rozmístíme pracoviště do trojúhelníkové sítě podle pořadí důležitosti vzájemných vazeb
- jako první umístíme do dvou sousedních uzlů body B a E (mají nejsilnější vazbu)
- druhá a třetí nejdůležitější vazba je mezi body A – E a A – B, pracoviště A má tak důležitou vazbu s oběma pracovišti, proto ho umístíme do společného sousedního uzlu
- podobně pokračujeme si s body C a D, konečné rozmístění je patrné z obr.5



Obr.1.7.1 Trojúhelníková metoda prostá [3]

1.8.2 Metoda souřadnic

Obdobně jako trojúhelníková je i metoda souřadnic jednou ze základních pomůcek projektanta, umožňující určit optimální prostorové uspořádání výroby. Používá se v těch případech, kdy je potřeba k již existujícím objektům nebo pracovištím přidat další prvek, který s nimi bude ve společném silném vztahu. Jedná se o matematicko-grafický postup, využívající zobrazení v souřadnicovém systému xy. [3,7]

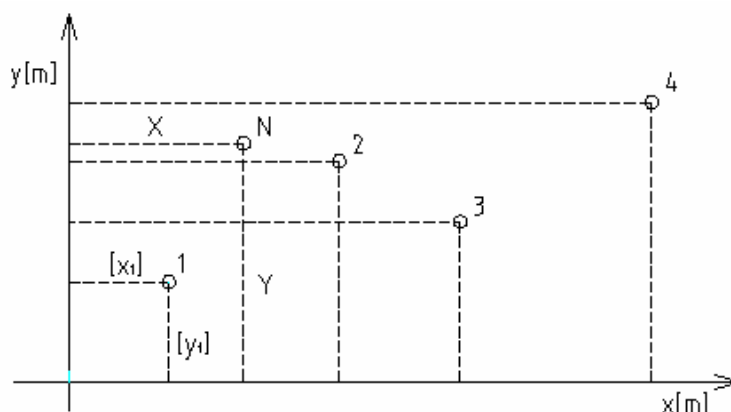
Princip [3]

- do souřadnicového systému xy vyznačíme v měřítku podle skutečného rozmístění existující objekty, souřadnice pak vymezují jak vzdálenosti mezi jednotlivými objekty ve směru x a y, tak vzdálenosti vzhledem k počátku systému
- vzájemný vztah, který je rozhodujícím faktorem pro rozmístění, označíme např. q (často počet přepravovaných součástí, hmotnost nákladu atd.)

- výsledkem umístění nového systému jsou souřadnice X a Y, při kterých je nejmenší vztah $\sum x_i \cdot q_i$ a $\sum y_i \cdot q_i$
- souřadnice umístění nového objektu vypočítáme ze vztahů [3]

$$X = \frac{\sum x_i \cdot q_i}{\sum q_i} \quad Y = \frac{\sum y_i \cdot q_i}{\sum q_i} \quad (1.8)$$

- | | | |
|------------|---|--|
| X, Y | – | hledané souřadnice centrálního objektu |
| x_i, y_i | – | souřadnice daných objektů |
| i | – | 1, 2, 3, ..., n |
| q_i | – | hodnota vztahu mezi daným objektem i s centrálním objektem [3] |



Obr. 1.7.2 Schématické znázornění umístění objektů [3]

1.8.3 Výsledek dispozičního řešení

Výsledkem dispozičního řešení je výkres rozmístění výrobních zdrojů (strojů, pracovišť, manipulátorů, dopravních uliček a cest atd.) v určeném prostoru. Při realizaci technologického projektu slouží jako základní grafický podklad. Výkres se zpracovává zpravidla v měřítku 1:100. [9]

1.9 Rozhodovací analýza

Pro vyloučení subjektivních pohledů je nutné zadaný projekt rozpracovat do podoby několika možných variant řešení. Nezpracovávají se detailně, slouží jen jako podklad pro rozhodovací proces varianty optimální. Vypracovány jsou proto pouze v hrubém návrhu hlavních vztahů a dispozičních řešení. [8]

K výběru optimální varianty se přistupuje s nezaujatostí a s rovnocenným přístupem ke všem návrhům. Při systémovém pojetí projektu však roste počet

faktorů, které jsou pro výběr optima zásadní, zvyšuje se počet prvků a jejich vztahů, které mohou rozhodovací systém ovlivnit. Varianty složitějších systémů je tak nezbytné posuzovat podle více kritérií. V technologickém projektování se dají jednotlivá kritéria rozdělit do tří kategorií – technologické, organizační, ekonomické. [10]

Mezi základní patří např. tyto:

1. technologické – parametry stroje, linky, výrobního systému (rozměrové, tvarové)
 - výrobnost stroje, linky
 - výkonové využití
 - přizpůsobivost při změně výrobního programu
2. organizační – složitost řízení systému
 - velikost výrobních ploch
 - průběžná doba výroby
 - pracovní prostředí, ergonomická hlediska
 - počet pracovníků
3. ekonomické – investiční náklady
 - doba realizace
 - provozní náklady
 - velikost zisku, úspor. [10]

Zadaná kritéria se mohou pro jednotlivé projekty zásadně lišit. Jejich formulace je stanovena na základě daných cílů. Pro zjednodušení je výhodné sloučení podobných kritérií a odstranění těch s malou závažností. [10]

Po posouzení všech variant z hlediska zadaných kritérií je možno vybrat na základě bodovací nebo klasifikační metody variantu optimální.

Bodovací metoda se používá v případech, kdy všechna kritéria mají stejnou důležitost. Jednotlivým variantám jsou přiřazovány podle stupně splnění kritérií body. Na základě nejvyššího dosaženého hodnocení je zvolena optimální varianta. [8]

Klasifikační metoda nebo tzv. váhové hodnocení také vychází z hodnocení splnění kritérií. V tomto případě se ale kritériím přiřazuje váha, kterou se hodnocení násobí. Tato metoda vychází z předpokladu, že ne všechna kritéria mají pro cíl projektu stejnou váhu. [8]

1.10 Ekonomické účinky návrhů

Pro ekonomické zhodnocení varianty projektu je nezbytné stanovení posuzovacích kritérií. Mohou jimi být růst produktivity práce, nákladová návratnost, investiční náklady na úsporu jednoho pracovníka atd. [9]

Při vzájemném posuzování jednotlivých variant je nutné vycházet z jejich vzájemné srovnatelnosti z hledisek:

- charakter funkcí – varianty mají splňovat stejné technologické, manipulační nebo kontrolní funkce
- rozsah objemu výroby – srovnatelné výrobní kapacity
- velikosti efektivních časových fondů – srovnatelná směnnost. [9]

1.10.1 Ekonomické srovnání variant

Porovnání jednotlivých variant se provádí podle jejich fixních a variabilních nákladů dle vztahu [1]:

$$I_B - I_A = (N_A Q - N_B Q) \cdot T_Z \quad (1.10.1)$$

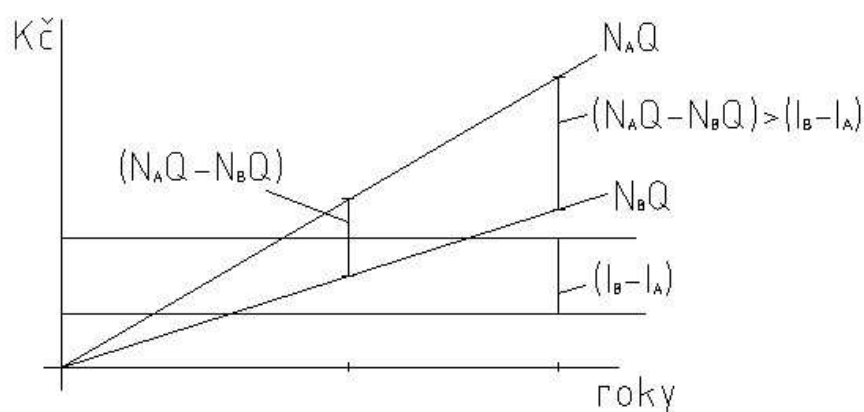
I_A, I_B – fixní investiční náklady [Kč]

N_A, N_B – roční náklady na výrobu [Kč]

Q – množství výrobků [ks/rok]

T_Z – doba životnosti [rok].

Pokud je hodnota na levé straně rovnice větší než na pravé, je výhodnější varianta s nižšími náklady na investice a vyššími ročními provozními náklady. Grafické znázornění je na obr. 1.10.1. Bod P je kritický bod, platí u něj rovnost levé a pravé strany rovnice. [8]



Obr. 1.10.1 Graf závislosti nákladů u ekonomického propočtu [8]

1.10.2 Nákladová návratnost

Nákladová návratnost vyjadřuje návratnost vložených jednorázových prostředků ve vztahu k dosaženým úsporám [9]:

$$U_n = \frac{I - C_s}{U_r + O_d} \quad (1.20.2)$$

O_d – průměrné roční odpisy nové investice [Kč/rok]

I – investiční náklady [Kč]

C_s – prodejní cena starých vyřazovaných strojů [Kč]

U_r – roční úspora nákladů, roční přírůstek zisku [Kč/rok]. [9]

2 ZPRACOVÁNÍ PLASTICKÝCH HMOT

Význam plastických hmot v současné době roste. Setkáváme se s nimi v běžném životě každý den. Jejich použití je hojně rozšířeno i ve stavebnictví.

2.1 Plasty a jejich vlastnosti

Plasty jsou organické materiály polymerní povahy, vyráběné synteticky z nízkomolekulárních látek. V dnešní době jich existuje na trhu tisíce druhů, k technickému využití se používá pouze několik desítek. Nejrozšířenějšími jsou 3 druhy – polyolefiny, styrenové hmoty a polyvinylchlorid. Výroba těchto druhů zabírá 70% z celkové produkce plastických hmot. [4,6]

Při volbě materiálu je třeba vedle vlastností a ceny hmoty vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která výrazně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti konečného výrobku, ale i technologické podmínky, konstrukční řešení nástroje a volbu stroje. Vlastnosti a odolnost polymerů jsou v podstatě dány jejich chemickou a fyzikální strukturou, ale mohou být do značné míry ovlivněny i zpracovatelským procesem. [4]

Mezi hlavní výhody plastů patří nízká měrná hmotnost, dobré zpracovatelské vlastnosti, výborná odolnost proti korozi, tlumení rázů a chvění. [4]

Podle chování za zvýšené teploty lze plasty rozdělit do tří skupin [4]:

- termoplasty – při zahřátí přecházejí do plastického stavu, kdy je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi
 - mezi nejznámější termoplasty patří polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA)
- reaktoplasty – v první fázi zahřívání měknou a lze je omezenou dobu tvářet, během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci vytvrzování
 - fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty

- kaučuky, pryže a eleastomery – v první fázi zahřívání také měknou a lze je tvářet, při dalším zahřívání dochází k vulkanizaci (prostorové zesíťování struktury).

Jednou z nejpoužívanějších umělých hmot na světě je polyvinylchlorid (PVC). Jeho obrovské rozšíření je dáno vlastnostmi tohoto polymeru – chemická odolnost, tepelná vodivost a dobrá zpracovatelnost všemi běžnými postupy (válcováním, vytlačováním, vstřikováním, vyfukováním). Velký podíl PVC se používá ve stavebnictví, kde nahrazuje tradiční stavební materiály (dřevo, beton). [11]

2.2 Třískové obrábění termoplastů

Během výroby oken prochází plastové profily operacemi řezání, frézování, vrtání a svařování (výrobní technologie bude popsána v rozboru současného stavu výroby).

2.2.1 Podmínky pro obrábění

PVC se při opracovávání velmi rychle zahřívá a ztrácí tvarovou pevnost. Proto je důležité účinné chlazení nástrojů a jejich včasné ostření. Technologické síly bývají menší než u kovů. Je ovšem nutné počítat s větší pružností plastového materiálu, což může způsobit horší přesnost a výslednou kvalitu obrobku. [6]

Chlazení je řešeno převážně vzduchem o teplotě -10 až 15°C , vháněným pod tlakem do oblasti řezu. Použití chladících emulzí je většinou omezeno z důvodu narušení struktury plastu na vodné roztoky a emulze. [6]

Při obrábění se důsledkem vysokých teplot uvolňují plynné rozkladné látky. Při práci je proto doporučováno větrání a odsávání. [6]

2.2.2 Řezání termoplastů

Řezání můžeme rozdělit podle použitých strojů a nástrojů na:

- ruční
- strojní s použitím pásové pily
- strojní s použitím okružní pily. [6]

Ruční způsob se používá v kusové výrobě pro řezání desek nebo profilů. Nedoporučuje se pro řezání tenkostěnných profilů a trubek, kdy může

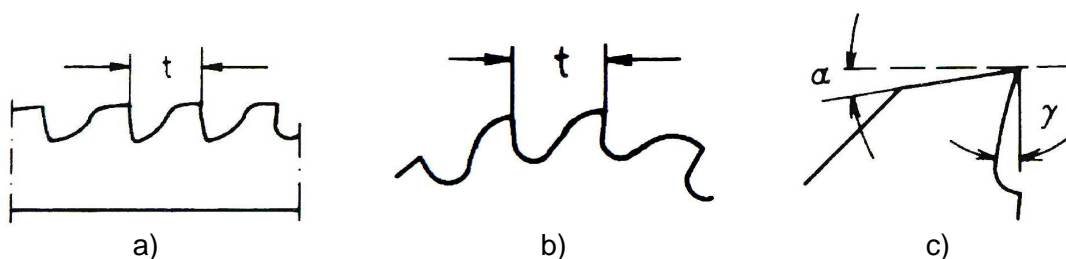
docházet k tvorbě mikrotrhlin. Jako nástroj jsou používány běžné pily na kov nebo dřevo. [6]

Pásové pily se používají pro řezání trubek, desek a jiných profilů. Pila umožňuje řezání složitých tvarů a také úhlové řezání. Výhodou je dobrý odvod tepla z pásu pily. [6]

Okružní pily se používají převážně pro řezání dlouhých úseků desek a velkých průměrů trubek. [6]

Tab. 2.2.2 Řezné rychlosti a úhly pil [6]

	Pásové pily			
	úhel hřbetu α [°]	úhel čela γ [°]	řezná rychlost v [m min ⁻¹]	rozteč zubů t [mm]
PVC	30-40	0-5	1200	3
PP, PE-HD	20-30	2-5	500	3-8
	Okružní pily			
	úhel hřbetu α [°]	úhel čela γ [°]	řezná rychlost v [m min ⁻¹]	rozteč zubů t [mm]
PVC	5-10	0	4000	3-5
PP, PE-HD	20-30	6-10	2000	3-8



Obr. 2.2.2 Tvar pil [6]

a) pásová pila; b) okružní pila; c) tvar zubů
 α - úhel hřbetu; γ - úhel čela; t – rozteč zubů

2.2.3 Frézování termoplastů

Frézování je způsob třískového obrábění používaný při obrábění desek, bloků trubek atd. Strojní frézy jsou schopny obrábět s poměrně vysokou mírou přesnosti. Pro sériové výroby se používají CNC stroje. [6]

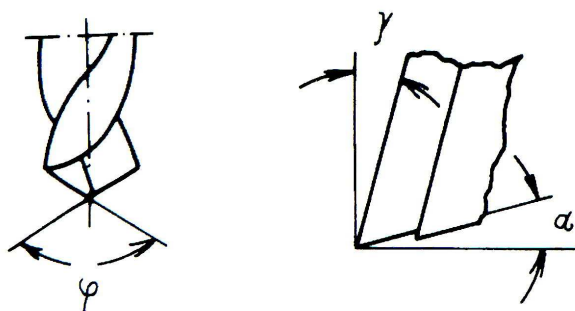
Při frézování je potřeba zajistit účinné chlazení vzduchem, vodou nebo emulzemí. [6]

Tab. 2.2.3 Řezné úhly a pracovní rychlosti fréz [6]

	úhel hřbetu α [°]	úhel čela γ [°]	řezná rychlost v [m min ⁻¹]
PVC	5-10	0-15	1000
PP, PE-HD	10-20	5-15	250-500

2.2.4 Vrtání termoplastů

Plasty je možno vrtat standardními vrtáky. Při hloubce vrtu větší než 5xd (průměr vrtáku) je doporučováno vrták několikrát během operace vytáhnout kvůli odstranění třísky. Při vrtání průměrů větších než 10mm je vhodné nejdříve předvrtat menší průměr. Úhel šroubovice vrtáku by se měla být v rozmezí 12° - 16°. [6]



Obr. 2.2.4 Geometrie vrtáku [6]
α - úhel hřbetu; γ - úhel čela; φ - úhel špičky

Tab. 2.2.4 Řezné úhly a pracovní rychlosti vrtáků [6]

	úhel hřbetu α [°]	úhel čela γ [°]	úhel špičky φ [°]	řezná rychlost v [m min ⁻¹]	posuv s [mm/ot]
PVC	5-10	3-5	60-100	30-120	0,1-0,5
PP, PE-HD	10-18	5-20	110-130	150-300	0,1-0,3

2.3 Svařování termoplastů

Při svařování dochází za použití tepla nebo tlaku ke spojování dílů. Z plastů lze svářet pouze termoplasty, které se dají teplem převést do plastického, popř. tekutého stavu, ve svařované zóně je materiál ve viskózně-tekutém stavu. [5]

Technologií na svařování termoplastů existuje v současné době několik. Většina jich je odvozena od svařování kovů. Technologie se od sebe liší způsobem předávání tepla potřebného k roztavení spojovaných ploch. Teplo se předává přímo kontaktem s nosiči tepla či horkým plynem, nebo se používá nepřímý způsob přeměnou jiných druhů energií na teplo. Podle postupu prováděných operací během svařovacího procesu lze rozdělit svařované plochy na:

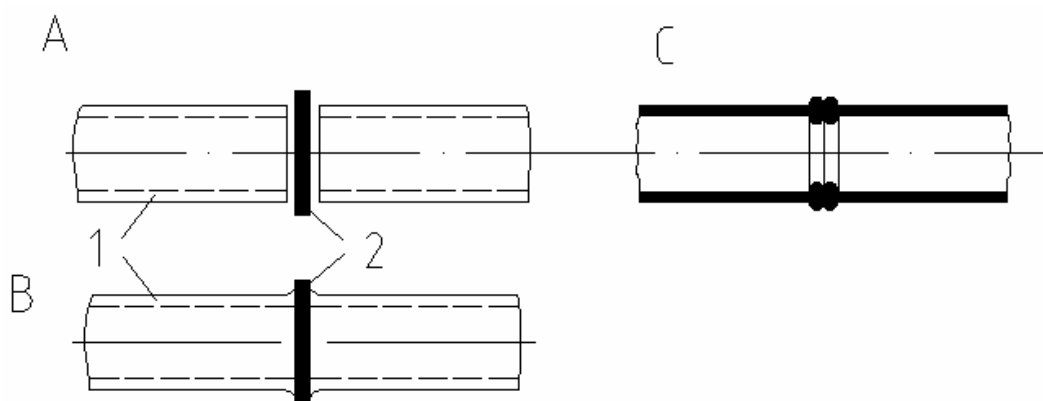
- plochy, které jsou první uvedeny ve vzájemný kontakt a teprve pak jsou nahřívány
- plochy, které jsou nahřívány a pak uvedeny ve vzájemný kontakt
- plochy, které jsou současně nahřívány a přivedeny ve vzájemný kontakt.

[5]

Ke svařování okenních profilů se používá metoda indukční. Je založena na přenosu tepla vedením při dotyku svařovaného polotovaru se zahřátým nástrojem. Tato metoda umožňuje dosáhnout kvalitních svarů, kdy jejich pevnost dosahuje až 100% pevnosti základního materiálu. Výhodou je také existence pouze minimálních vnitřních pnutí. Indukční svařování vyžaduje přesnou regulaci teploty nástroje a působících tlaků. [5]

Jako nástroj jsou používána kovová tělesa z hliníku, mědi nebo chromové oceli, jejichž pracovní plochy jsou vybaveny látkou proti lepivosti. Tělesa se vytápí elektricky nebo plynem. [5]

Svařování probíhá ve třech fázích. V první jsou svařované součásti přitlačeny tzv. nahřívacím tlakem k plochám nahřátého nástroje. Fáze končí vznikem výronku po obvodě svařované plochy. Další fáze se vyznačuje snížením tlaku a prohříváním materiálu do hloubky (výronek se již nezvětšuje). Po prohřátí se součást a nástroj oddělí. Nastává třetí fáze, ve které se k sobě přitlačí plochy určené ke svaření. Přítlačný tlak se postupně zvyšuje, dokud nedosáhne hodnoty svařovacího tlaku. Ten působí do doby, kdy se svařované plochy ochladí pod 100°C . Hodnoty svařovacího tlaku se dosahují $0,1\text{--}0,2\text{Mpa}$. [5]



Obr. 2.3 Princip indukčního svařování [7]

1 – svařovaný materiál; 2 – topné těleso

A – fáze přípravná; B – fáze nahřívací a prohřívací ; C – svařovací fáze

POPIS A ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU VÝROBY

3 SPOLEČNOST RI OKNA a.s.

Svou diplomovou práci jsem zpracoval ve výrobním podniku:

RI OKNA a.s., Úkolky 1055, 696 81 Bzenec, Česká republika

IČ:60724862, DIČ:CZ60724862

Spisová značka: B 4626 vedená u rejstříkového soudu v Brně.

Firma RI OKNA je jedna z největších společností na českém trhu zabývající se výrobou stavebních otvorových výplní. Byla založena v roce 1994. Od počátku se zaměřuje na výrobu a montáž plastových prvků - oken, dveří a jejich příslušenství. V roce 2006 svou působnost rozšířila o výrobu a montáž hliníkových prvků - oken, dveří, interiérových stěn a fasád. [13]

Na své výrobní postupy obdržela firma certifikáty jakosti (ISO 9001:2000) a šetrnosti k životnímu prostředí (ISO 14001:2004). [13]



Obr. 3 Sídlo firmy RI OKNA

4 VÝROBEK

Předmětem výroby linky, pro níž jsou v rámci DP zpracovány dílčí části projektových úprav, jsou okenní systémy v rozsahu sortimentu: okna

otvíratelná, sklopná, otvíratelně-sklopná, jednokřídlá, vícekřídlá. Okna jsou kompletována z profilů řady SALAMANDER® STREAMLINE. Tyto pětikomorové PVC profily splňují podle normy ČSN EN 12608 podmínky třídy A, což zajišťuje garantovanou tloušťku stěny profilu 3mm. Systémy tak poskytují výbornou stabilitu a dlouhou životnost oken.

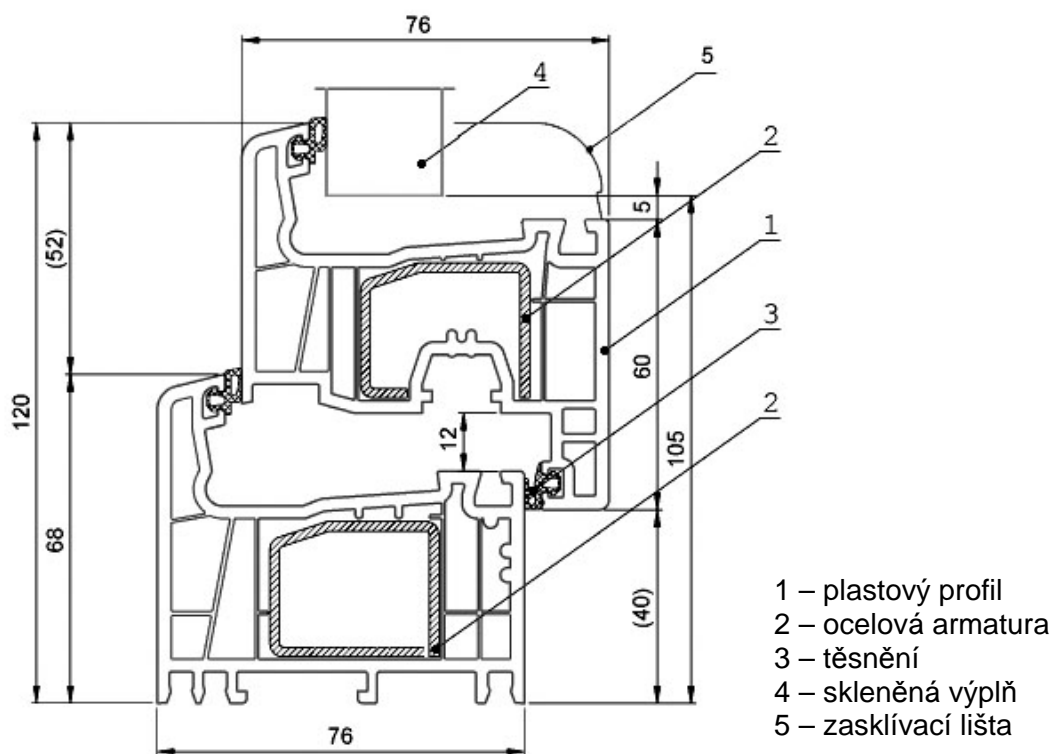
Profily řady SALAMANDER® STREAMLINE jsou vyráběny z tvrzeného PVC podle kvalitativních a zkušebních ustanovení RAL pro plastové okenní profily RAL-GZ 716/1. Označení formovací směsi ISO 1163-PVC-U, EDLP, 082-25-28 odpovídá normě DIN EN ISO 1163-1. [12]

Firemní výrobek je složen z křídla a rámu. Obě části se vyztužují pozinkovanými ocelovými armaturami, které jsou tvarově uzpůsobeny komůrkám. Jejich tloušťka je podle RAL-RG 716/1 stanovena na 1,5mm pro křídla, 2mm pro rámy. [12]

Součinitel prostupu tepla rámu a křídla včetně armování je $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Těsnění je vyrobeno z pryže EPDM – etylen propylen dien třídy M. Tento materiál zajišťuje dostatečnou teplotní stálost a odolnost proti povětrnostním podmínkám. Těsnění není součástí plastového profilu, je dodáváno a montováno samostatně. [12]

Dodavatelem PVC profilů, armatur a gumového těsnění je firma PROFIL SERVIS Praha spol. s r.o. – výhradní zastoupení firmy SALAMANDER v České republice.



Obr. 4 Řez oknem řady Standard, výrobce RI OKNA a.s. [18]

Skleněná výplň je dodávána firmou AKUTERM sklo a.s. Výplně jsou konstruovány ze dvou tabulí skla, jejichž vzdálenost vymezuje dutý distanční hliníkový rám plněný vysoušecím prostředkem, který zabraňuje kondenzaci vodních par mezi skly. Obvodové spojení tabulí skel a distančních ráků je provedeno adhezním, trvale plastickým tmelem, který funguje jako bariéra proti pronikání vlhkosti do meziprostoru izolačního skla. Vnější obvod tabulí skel a distančních ráků je vyplněn trvale pružným tmelem s výbornými fyzikálně mechanickými vlastnostmi. Celá konstrukce vytváří hermetické uzavření dutiny mezi tabulemi skel. Použitá izolační dvojskla se vyznačují součinitelem prostupnosti tepla $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. [14]

Při finální montáži oken se používá celoobvodové kování MACO® MULTIMATIC. To poskytuje kromě normálního větrání i možnost tzv. mikrovětrání. Kování dodává firma PKC PRAHA spol. s r.o. – výhradní zastoupení firmy MAYER & CO BESCHLÄGE GMBH v České republice.

5 STAVEBNÍ ČÁST PROJEKTU

Na adrese sídla firmy se nachází původní výrobní objekt, který je dnes využíván pro výrobu hliníkových prvků. Zpracování plastových výrobků a hlavní sídlo byly přesunuty do nového objektu, který byl vystavěn v roce 2006. Objekt je složen z výrobní haly a přidružené administrativní budovy, v níž se nachází kanceláře, vzorkovny pro zákazníky a jídelna pro zaměstnance. Z přízemí budovy je přímý vstup do výrobní haly.

5.1 Výrobní hala

Výrobní objekt je tvořen jednopodlažní čtyřlodní halou s přístřešky. Nosná konstrukce haly je tvořena podpěrnými sloupy, které jsou v příčném směru od sebe vzdáleny 20m, v podélném směru 12m. Celkový rozměr objektu je 190m x 80m. Vzdálenost pilířů napříč halou předurčuje rozdělení výrobní plochy mezi jednotlivé výrobní linky. Pro přístup do haly slouží vchod z administrativní budovy, troje vjezdová vrata a patery dveře plnící funkci bezpečnostních východů. V hale jsou umístěny dva velíny s přidruženým sociálním zařízením, místností servisních techniků a kompresorovna. Plán výrobní haly je v příloze 1.

6 SKLADOVÁNÍ

Sklady materiálů a některých montážních dílců jsou v hale rozmístěny na několika místech podle pravidla nejkratší manipulace.

Sklad plastových profilů

Sklad je umístěn na začátku haly v prostoru A (viz. příloha 1). Je mu vyhrazeno místo 1100m². Objem skladových zásob PVC profilů se vytváří vždy s ohledem na plánovanou týdenní spotřebu. Profily jsou skladovány v dodávaných ocelových paletách o rozměrech 0,7m x 0,7m x 6,5m. Ty se po použití vrací dodavateli. Palety jsou stohovatelné, maximální počet vrstev ve stohu je 4. Manipulace je zajišťována vysokozdvížnými vozíky, pro které jsou palety uzpůsobeny. Méně často zpracovávané profily se skladují ve stromečkových regálech. Profily je podle výrobce před zpracováním nutno minimálně 24 hodin skladovat při teplotě 18-24°C.

Sklad armatur

Umístěn v hale v prostoru B (viz. příloha 1), plocha skladu činí 540m². Armatury jsou dodávány a skladovány, stejně jako PVC profily, v ocelových paletách. Součástí skladu jsou tři pásové pily. Na nich se armatury nařezávají na požadovanou délku. Pily jsou obsluhovány pracovníky skladu.

Sklad drobného materiálu, těsnění

Nachází se v prostoru C (viz. příloha 1) o ploše přibližně 200m². Skladuje se zde kování, spojovací materiál, těsnění. Materiál je dodáván na dřevěných paletách. Po vyskladnění je materiál uložen v policových regálech a palety jsou vráceny dodavateli.

Sklad skleněných výplní

Sklad se nachází v zadní části haly v prostoru D (viz. příloha 1), skladová plocha činí 600m². Výplně jsou dodávány ve speciálních stojanech, v nichž jsou zajištěny proti pádu umělohmotnými páskami. Stojany jsou uzpůsobeny pro manipulaci pomocí vysokozdvížných vozíků a po použití se vrací dodavateli.

7 ROZDĚLENÍ PRODUKTŮ A REALIZACE VÝROBY NA VÝROBNÍCH LINKÁCH

Sortiment produktů z plastových systémů je možno rozčlenit do následujících skupin :

- okna z plastových profilů SALAMANDER – pěti a sedmikomorové systémy
- okna z plastových profilů ALUPLAST – pěti, šesti a osmikomorové systémy
- balkonové a vchodové dveře, dveřní výplně, okna atypických tvarů – profily SALAMANDER.

Dveře a atypická okna tvoří přibližně 6% celkové produkce. K jejich výrobě je určena linka v příloze 1 označená jako VL1. Jedná se o předmětnou ruční linku, která v současné době poskytuje dostatečnou kapacitu pro výrobu poptávaného množství.

Okenní systémy z profilů značky ALUPLAST jsou v sortimentu firmy nové. Uvedení těchto produktů do nabídky bylo provedeno v druhé polovině března 2009. Linka pro jejich výrobu v minulosti zpracovávala profily SALAMANDER. Vzhledem k odlišnému pracovnímu postupu byla linka modernizována a dnes vyrábí okna všech nabízených komorových profilů ALUPLAST (v příloze 1 je linka označena VL2).

Na výrobu oken z profilů SALAMANDER má firma v současné době dvě linky (v příloze 1 označeny jako VL3 a VL4). V obou případech se jedná o sled ručních a automatizovaných pracovišť, rozdílné je použité strojní a manipulační vybavení.

Všechny výrobní linky jsou sestaveny ze strojů a manipulačních prostředků firem:

- ELUMATEC GmbH & Co. KG, Pinacher Strasse 61, D 55469 Simmern, Německo
- Willi Stürtz Maschinenbau GmbH, D 53577 Neustadt/Wied-Rott, Německo
- AFS Federhenn Maschinen GmbH, Sponheimer Ring 1, D 55469 Simmern, Německo.

V České republice je distribuce sortimentu těchto firem zajišťována zastoupením Elumatec CZ s.r.o., Arbesova 866/III, 337 01 Rokycany.

8 ROZBOR VÝROBNÍ LINKY VL3

Detailní rozbor linky je proveden vzhledem k tomu, že ve svém návrhu jsem se zabýval možnými variantami dílčích změn ke zvýšení produktivity linky, která je koncipována pro výrobu čtvercových a obdélníkových oken, jejichž maximální plocha je u oken z bílých profilů $7,5\text{m}^2$, maximální šířka 4000mm, maximální výška 3500mm. U dekorativních profilů je firmou SALAMANDER omezena plocha okna na maximum 5m^2 , šířka a délka 2500mm.

Jedná se o proudovou linku složenou z automatizovaných i ručních pracovišť. Linka je nesynchronní, jednotlivá místa pracují v individuálním taktu, což je dáno jak rozdílnou náročností jednotlivých operací, tak různorodostí rozměrů vyráběných oken. Vzájemná návaznost je umožněna pomocí zdvojení některých pracovišť. Výrobní kapacita linky je stanovena na zpracování 160 skel za směnu. Díky výrobě dvou a vícekrídlych oken je počet vyráběných křídel o cca 75% větší než počet ráků.

Projekčně je linka rozdělena na dvě části – výroba ráků a křídel. Postup výroby je v obou částech podobný, některá pracoviště jsou shodná. Členění zaniká při kompletaci okna, kdy se linka spojuje v jednu (výkres viz. příloha 1).

8.1 Pracoviště umístěná mimo výrobní linku

Jedná se o pracoviště, která nejsou řazena přímo ve výrobní lince. Projektována jsou jako samostatná, zajišťují pro všechny linky nářezy ocelových armatur, zasklívacích lišt a napojovacích lišt na parapet.

Za nejdůležitější pracoviště umístěné mimo výrobní linku VL3 je možno označit pracoviště nářezu ocelových armatur a zasklívacích lišt.

8.1.1 Pracoviště pásové pily Pilous TMJ ARG 240 S.A.F.

Na tomto pracovišti se provádí nářez ocelových armatur. Manipulace s profilem je ruční, upínání a řez jsou automatické. Nařezaná část se označí a uloží do přihrádkového vozíku. Pracovník jimi průběžně zásobuje pracoviště vkládání výztuh do křídel a rámů.

Ve skladu jsou umístěny celkem tři pily (viz. pracoviště 10 v příloze 1), které slouží k pokrytí potřeby všech výrobních linek.

Plocha jednoho pracoviště: 32m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 1

Nařezání jednoho ocelového profilu trvá 1,5 - 2 minuty. Doba je závislá na počtu řezů, což se odvíjí od délky požadovaných kusů.



Obr. 8.1.1 Pásová pila Pilous TMJ ARG 240 S.A.F. [15]

8.1.2 Pracoviště pily Elumatec GLS 192

Pracoviště se nachází v prostoru za výrobní linkou (viz. pracoviště 11 v příloha 1). Provádí se zde nářez zasklívacích lišt a dorazů na parapet,

kterými se zásobují všechny výrobní linky. Nařezané lišty jsou ukládány do vozíku. Ty se po naplnění přemísťují k zasklívacím pracovištím.



Obr. 8.1.2 Pila Elumatec GLS 192 [16]

Počet pracovišť: 4

Plocha jednoho pracoviště: 40m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 1

8.2 Pracoviště, tvořící hlavní technologické uzly výrobní linky

8.2.1 Pracoviště obráběcích center Elumatec SBZ 610 a SBZ 608

Jedná se o první úsek části linky zhotovující křídla (viz. pracoviště 1 v příloze 1). Pracoviště je automatizované a skládá se ze dvou CNC center. Obsluhující pracovník odebírá z palety PVC profil a ukládá ho na vkládací dopravník stroje SBZ 610. Zde je profil nařezán na požadované délky, jsou vyvrtány a vyfrézovány odvodňovací kanálky, větrací drážky a otvory pro kování. Odřezky jsou odváděny vlastním pásovým dopravníkem do odpadních kontejnerů, piliny jsou odsávány zabudovaným odsávacím zařízením. Ze stroje vyjíždějí nařezané části na horizontálním dopravníku. Pracovník na ně nalepuje čárový kód generovaný obslužným softwarem a dovnitř profilu vkládá zpevňující ocelovou armaturu.



Obr. 8.2.1.1 Obráběcí centrum Elumatec SBZ 610 [16]

Na dopravníku jsou takto připravené profily přepravovány k obráběcímu centru SBZ608. Zde se sešroubovává PVC profil s armaturou. Výsledný profil vyjíždí na vyvážecí stůl, ze kterého je pracovníkem odebírán a vkládán do přihrádkových vozíků.

Výrobní takt pracoviště je 45s. Zpracování profilů pro jedno křídlo trvá 3min.



Obr. 8.2.1.2 Obráběcí centrum Elumatec SBZ 608 [16]

Plocha pracoviště: 242m²

Plocha zásoby PVC profilů: 22m²

Počet obslužných pracovníků: 2

8.2.2 Pracoviště dvouhlavé nářezové pily Elumatec DG 142

Pracoviště (viz. pracoviště 2 v příloze 1) slouží pro nářez PVC profilů - jedná se o první pracoviště v části linky zhotovující rámy. Pracovník manuálně vkládá profily do pily a nastaví stroj (úhel řezu a požadovanou délku). Profil je automaticky upnut a provádí se řez. Piliny se odvádějí vlastním odsávacím zařízením. Nařezaná část je opatřena čárovým kódem a uložena do manipulačního vozíku. Po jeho naplnění se předává na další pracoviště.



Obr. 8.2.2 Nářezová pila Elumatec DG 142 [16]

Na pile je možno řezat při stejných rozměrech dva profily současně. Potřebný čas jejich zpracování na 4 části se na tomto pracovišti pohybuje kolem 3 min.

Plocha pracoviště (bez plochy na zásobu PVC profilů): 33m²

Plocha zásoby PVC profilů: 22m²

Počet obslužných pracovníků: 1

8.2.3 Pracoviště obráběcího centra Elumatec SBZ 608

Pracoviště (viz. pracoviště 3 v příloze 1) navazuje na pilu DG 142. Profil uložený na dopravník je opatřen armaturou a jsou automaticky provedeny obráběcí a spojovací operace stejné jako na strojích SBZ 610 a SBZ 608 u křídel. Doba obrábění jednoho profilu se pohybuje v čase cca 45s.

Plocha pracoviště: 70m²

Počet obslužných pracovníků: 1

8.2.4 Pracoviště šroubovací jednotky Elumatec ADS 259/11

Pracoviště je určeno pro přišroubování kování do rámové části okna. Nachází se v prostoru vedle obrábění křídel (viz. pracoviště 4 v příloze 1). Šroubovací jednotka je obsluhována jedním pracovníkem - pracovník má na starosti i odebírání nařezaných profilů pro křídla z vyjížděcího stolu stroje SBZ 608. Rámové profily odebírá ze stojanů, do kterých je po přišroubování kování vrací. Po jejich naplnění jsou přepraveny k pracovišti svářecího stroje. Takt kompletace kování jednoho profilu je 35s, doba na jedno sklo 2min.

Plocha pracoviště: 12m²

Počet obslužných pracovníků: 1



Obr. 8.2.4 Šroubovací jednotka Elumatec ADS 259 [16]

8.2.5 Pracoviště svařovacího automatu Stürtz SE-VSM-30/26B a začišťovacího automatu Stürtz SE-4AS-CNC

V obou částech linky je toto pracoviště totožné (viz. pracoviště 5 v příloze 1). Před svařením se nastaví rozměry svařovaného okna a vloží se svařované dílce. Svaření je prováděno automaticky. Po jeho dokončení je rám/křídlo pomocí manipulátoru přepraveno na stůl začišťovacího automatu. Zde je automaticky spuštěn pracovní cyklus, při kterém jsou odstraněny svarové housenky. Očištěná součást je automaticky odebrána a uložena na konec stolu.



Obr. 8.2.5 Svařovací automat Stürtz SE-VSM-30/26B
a začišťovací automat Stürtz SE-4AS-CNC [17]

Obě části linky jsou obsluhovány jedním pracovníkem. V případě zpracování okenního rámu či křídla s jedním rozměrem menším než 440mm je tato část po svaření odebrána ze svářečky ručně. Poté je přenesena k začišťovacímu automatu, kde se pracovník dále stará o její manipulaci. To je dáno konstrukcí manipulačního zařízení, při malých rozměrech okna není zajištěna správná funkčnost manipulačního robota. V případě nutnosti se o ruční manipulaci u začišťovacího automatu stará pracovník montáže těsnění.

Doba svařování včetně založení do svářečky cca 1,5min. Mezi svařením a obráběním je nutná 2min. prodleva na dostatečné vychladnutí materiálu před dalším opracováním. Během této doby je provedena manipulace mezi svářečkou a začišťovacím centrem. Doba začišťování se pohybuje podle velikosti okna v rozmezí 2-3min. Takt celého pracoviště je dán dobou začišťování.

Počet pracovišť: 2

Plocha jednoho pracoviště: 87m²

Počet obslužných pracovníků na obě pracoviště: 1

8.2.6 Pracoviště montáže gumového těsnění a sloupků

Pracoviště jsou podobná v obou částech linky (viz. pracoviště 6 v příloze 1). Křídla jsou přetažena ze stolu začišťovacího automatu na manipulační stůl. Následuje kontrola svarů. Nedostatečně opracované svary je nutno ručně začistit ořezávacím nožem, popř. očistit chemickým čistidlem. Do rohů průchodných drážek pro těsnění se nanese lepidlo a pomocí ručního kolečka se gumové těsnění natlačí. Po dokončení montáže je křídlo ručně posunuto na další pracoviště.

U rámu se podle zakázky před montáží těsnění montují sloupky. Sloupky jsou připravovány stejně jako ostatní profily na pile DG 142 a obráběcím centru SBZ 608, odsud jsou přepravovány v manipulačních stojanech. Před montáží do rámu se ke sloupku připevní křížový spoj příčlím, do rámu se natlačí těsnící bloky. Sloupek je poté do rámu připevněn šroubovými spoji. Po montáži těsnění a sloupků se k rámu přišroubují závěsy.

Uvedených pracovišť je v každé části linky více. V rámové části jsou pro montáž vybavena tři pracoviště, z důvodu jen částečného využití ale fungují pouze pracoviště dvě. Pracovní stoly jsou umístěny u hlavní manipulační tratě. V křídlové části se u těchto pracovišť linka rozdvíjí. Dohromady se na rozdělené lince nachází pracoviště tři, avšak z důvodů jejich pouze částečného využití funguje většinou jen jedno pracoviště.

Časová náročnost montáže těsnění se podle velikosti křídla pohybuje v rozmezí 1,5-2min. Čas narůstá v případě nedostatečně začištěných svarových spojů. Montáž sloupků trvá cca 1,5min.

Počet pracovišť: 7

Plocha jednoho pracoviště: 13m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 1

8.2.7 Pracoviště stolu FAZ 2800 na montáž kování

Vyskytuje se pouze v křídlové části linky (viz. pracoviště 7 v příloze 1).



Obr. 8.2.7 Kovací stůl FAZ 2800 [16]

Pracovník vkládá křídlo na pracovní stůl opracovávanou stranou směrem k sobě, vystředí je a upne za okenní žlábek, sklopí stůl do pracovní polohy a připraví kování. To pomocí pneumatického šroubovače přišroubuje. Poté křídlo vkládá do stojanu, odkud je odebíráno pracovníkem montáže oken. Časová délka operace je cca 3,5min.

Počet pracovišť: 2

Plocha jednoho pracoviště: 19m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 1

8.2.8 Pracoviště kompletace rámu a křídel

Nachází se v lince za montáží těsnění rámu (viz. pracoviště 8 v příloze 1). Pracovník odebírá rámy z manipulačního stolu a křídla ze zásobníku stolů pro montáž kování. Křídlo se osadí do rámu a připevní se krytky na závěsy. Proveďte se kontrola funkčnosti křídla v rámu a zkontroluje se, jestli nejsou na okně viditelné vady. Ty se případně odstraní pomocí chemických přípravků. Průběžná doba práce je cca 1,5min.

Plocha pracoviště: 12m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 1

8.2.9 Pracoviště zasklívací stolice VE 3000

Okno se umístí do zasklívací stolice. Zajistí se pomocí dorazové lišty a je zvednuto do pracovní polohy. Do rámu okna se vloží podložky pod sklo, následuje vložení skla a jeho zajištění zasklívacími lištami. Poté je zkontrolována funkčnost seřízení okna. Hotová okna se vkládají do stojanů, ve kterých jsou poslána na expedici.



Obr. 8.2.9 Zasklívací stolice VE 3000 [16]

Pracoviště je umístěno v návaznosti na kompletaci okna v rámové části linky (viz. pracoviště 9 v příloze 1). Doba operace na jedno sklo cca 5min.

Počet pracovišť: 2

Plocha jednoho pracoviště: 21m²

Počet obslužných pracovníků jednoho pracoviště: 2

8.3 Manipulace v lince

Manipulace mezi jednotlivými pracovišti výrobní linky je zajišťována převážně ručně. Nařezané plastové profily, armatury a zasklívací lišty jsou přepravovány pomocí přihrádkového vozíku PWS1000. V části linky mezi svářecím automatem a pracovištěm kompletace je manipulace zajišťována po horizontálním válečkovém dopravníku HR2000. Po kompletaci se okna dopravují po svislém válečkovém dopravníku VR2000. Všechny využívané manipulační prostředky byly dodány firmou Elumatec.

9 NÁSTROJOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Nástroje určené do výrobních strojů a na ruční pracoviště byly dodány rovněž firmou Elumatec CZ s.r.o.

Na všech pracovištích je před započítím práce jednou z povinností dělníka zkontrolovat stroje a opotřebení nástrojů. V případě nadměrného opotřebení se podle pokynů výrobce nástroj vymění. Správu nástrojů zajišťují servisní technici.

10 ŘÍZENÍ A PLÁNOVÁNÍ VÝROBY

10.1 Softwarové řízení výroby

Průběh výroby je řízen softwarem s označením KLAES. Jedná se o síťovou aplikaci, díky které mají všichni pracovníci současně přístup k potřebným datům. Informace o právě vyráběné zakázce jsou po odečtení čárového kódu z PVC profilů dostupné na počítačích, kterými jsou pracoviště vybavena. V systému jsou uvedeny konstrukční informace o zakázce, informace o stavu její výroby, organizační pokyny pro výrobní pracoviště atd. Pracoviště jsou pro potřeby tohoto způsobu řízení výroby vybavena čtečkami čárových kódů, pracoviště nářezu PVC profilů i tiskárnou čárových kódů.

10.2 Plánování výroby

Výroba firmy je zakázková. Její plánování se odvíjí od velikosti objednávek, jejichž počet je v průběhu roku proměnný. V zimních měsících zpravidla klesá o desítky procent (až na polovinu oproti letnímu období). Kapacitní možnosti výroby jsou proto upravovány její směnností. V letních měsících se pracuje na dvě směny. Na zimní měsíce je odpolední směna zrušena. Případné nároky na zvýšení kapacity jsou řešeny formou přesčasů.

11 SOUHRN PODKLADŮ A HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Přehled základních údajů o výrobní lince je uveden v následující tabulce 10:

Tabulka 11 Statistické informace o stávající lince VL3

Pracoviště	Počet pracovišť	Počet dělníků	Výrobní doba (pro jedno křídlo/rám) [min]	Plocha pracovišť [m ²]
<i>Zpracování křídel</i>	-	-	-	-
SBZ 610, SBZ 608	1	1	3	242
SE-VSM-30/26B, SE-4AS-CNC	1	1*	3	87
montáž těsnění	3	1	2,25	39
FAZ 2800	2	2	3,7	38
<i>Zpracování rámu</i>	-	-	-	-
DG 142	1	1	1,5	33
SBZ 608	1	1	3	70
ADS 259/11	1	1	2	12
SE-VSM-30/26B, SE-4AS-CNC	1	1*	3	87
montáž sloupků a těsnění	3	2	5	39
kompletace rámu a křídel	1	1	1,65	12
VE 3000	2	4	5**	42
celkem	-	15	-	712

* pracovník je společný

** čas na zpracování jednoho skla

Celková plocha linky činí 1500m², z toho 712 m² jsou strojní a ruční pracoviště. Zbytek plochy tvoří manipulační dráhy, cesty a uličky. Celkový

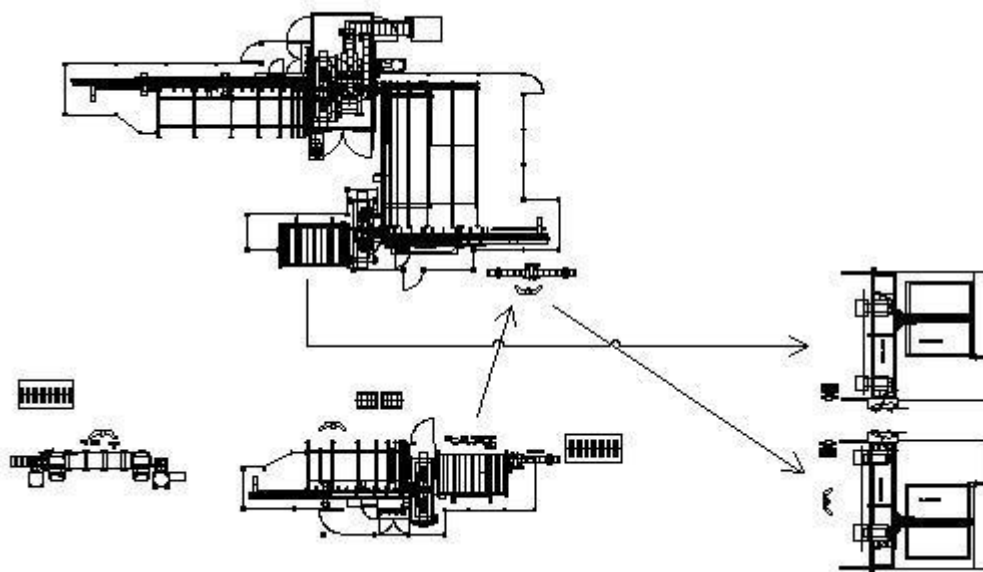
počet obslužných pracovníků v jedné směně je 15 (pracovníci údržby nejsou započítáni).

Během sběru informací o stávající lince proběhlo měření časové náročnosti výrobních operací. Bylo zjištěno, že díky rozdílné konstrukční složitosti vyráběných oken není možné časy jednotlivých operací určit jednoznačně. Po konzultaci s výrobním ředitelem jsou v tabulce uvedeny hodnoty přibližné, odpovídající průměrnému taktu operací.

Takt výroby jednoho skla činí 3 minuty, teoretický výkon linky je tedy 160 skel za směnu. V reálných podmínkách se dosahuje maximálně 140 skel, což je dáno různorodostí vyráběných oken. To způsobuje horší organizaci práce, dochází k prostojům na pracovištích nebo naopak k jejich zahlcení.

11.1 Nedostatky současného řešení a stávající výroby

- Na základě předchozího hodnocení a rozboru se jako slabé místo linky jeví pracoviště zasklívání. Nedostatečně řešené je zde zvláště zásobování pracoviště skly a jejich meziskladování. Na pracoviště jsou skla dovážena uložena ve vozících, ve kterých jsou ponechána do doby zasklení. Problémem je tak jejich neuspořádanost. Pracovníci zabývající se zasklíváním musí podle zakázek vždy složitě hledat potřebné sklo, což značně prodlužuje manipulační čas na pracovišti. Možným řešením se jeví vybudování nového systému jejich uložení.
- Jako další slabé místo linky je i nepříliš vhodné umístění šroubovací jednotky ADS 259. Kvůli jeho současné poloze dochází ke křížení manipulačních drah nařezaných profilů pro křídla a rámy (viz. obr.11).



Obr. 11.1 Ukázka manipulace mezi obráběcími a svářecími pracovišti

- Nevhodně jsou dimenzována i obráběcí a svařecí pracoviště. Celkový počet vyráběných křídel je o cca 75% vyšší než počet rámu. Obě součásti jsou ale obráběny a svařovány na totožných strojích se stejnými strojními časy. Při výrobě dvou a více křídlých oken to způsobuje prodlevu při čekání na druhé křídlo do rámu.

NÁVRHY RACIONALIZACE VÝROBNÍ LINKY

12 PŘEDMĚT NÁVRHŮ

Předmětem racionalizace je výrobní linka VL3 firmy RI OKNA. Úkolem této diplomové práce je zhodnotit především slabá místa linky, navrhnout jejich řešení a na základě jejich zhodnocení specifikovat možnosti zvýšení výrobní kapacity.

13 PROJEKTOVÉ OMEZENÍ

Prostorové řešení

Řešení návrhů racionalizace je omezeno prostorovými možnostmi. Uspořádání ve výrobní hale nedovoluje rozměrovou náročnost linky dále zvyšovat, výrobní prostor je omezen dalšími dvěma linkami, skladem profilů a pracovišti nářezu zasklívacích lišt. Je proto nutné linku projektovat na stejnou plochu jako její současné řešení.

Strojní vybavení

Jako požadavek byl stanoven výběr technického vybavení linky. Ten musí být sestaven ze sortimentu firem ELUMATEC GmbH & Co. KG, Willi Stürtz Maschinenbau GmbH a AFS Federhenn Maschinen GmbH. Stroje a manipulační zařízení těchto firem jsou specializované na výrobu plastových oken a firma RI OKNA a.s. s nimi má dlouholeté pozitivní zkušenosti.

14 NÁVRHY RACIONALIZACE

Návrhy racionalizace byly sestaveny po provedeném sběru a rozboru informací o současném stavu výroby.

14.1 Předměty racionalizace

Výrobní linku je možné pomyslně rozdělit do dvou částí – část automatizovanou a část ruční. Ruční pracoviště, s výjimkou zasklívání, svou kapacitou přesahují potřeby aktuální výrobní kapacity. Pracoviště montáže těsnění rámu a kování křídel jsou dostatečně dimenzována pro nárůst výroby o více než 40%, pracoviště montáže těsnění křídel o cca 30%. Problém zasklívacího pracoviště byl popsán v kapitole 11. Při vyřešení problému organizace skel je zde také možné počítat s kapacitní rezervou.

Automatizované pracoviště nářezu a obrábění PVC profilů pro křídla je v současném stavu plně využito. Pro zvýšení výrobní kapacity linky je potřeba toto pracoviště rozšířit či obměnit jeho strojní vybavení. Pro zvýšení výrobnosti je dále nutné upravit svařování křídel, kapacita je zde také plně využita.

Níže uvedené návrhy vychází z faktů, že pro zvýšení produktivity linky je nutno upravit uvedená výrobní místa. Podmínkou je zvýšení kapacity o 40%.

14.2 Návrh řešení A

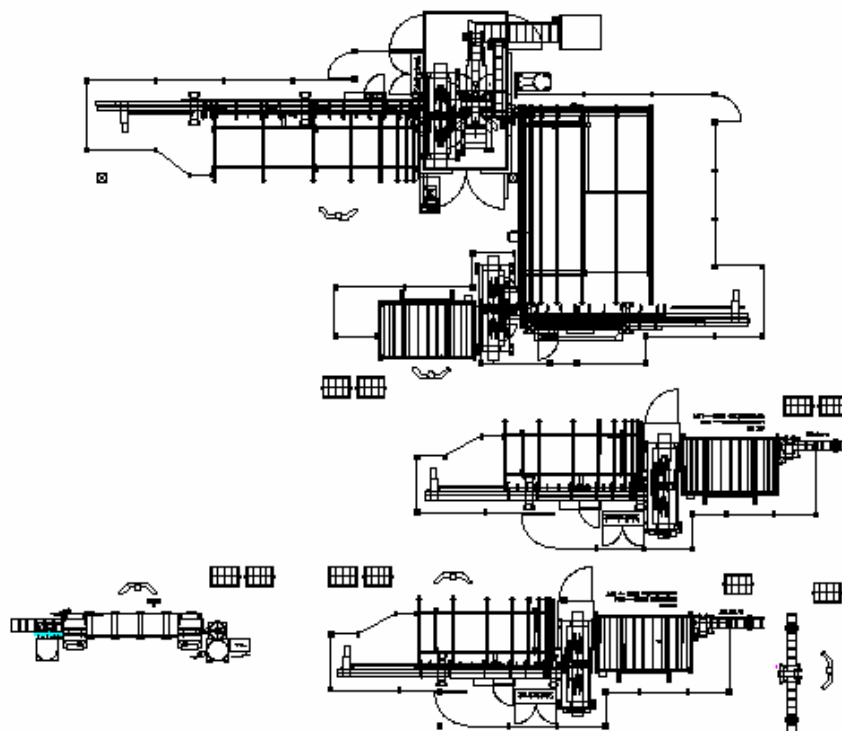
Tento návrh počítá se zvýšením výrobní kapacity pořízením nových výrobních strojů, které budou přidány do současné dílenské dispozice. Umístění bude voleno do současných volných ploch, které se v lince nacházejí. Výkres dispozičního uspořádání je v příloze 2.

Řešení nářezového a obráběcího centra

Současné strojní vybavení zahrnující obráběcí centra SBZ 610 a SBZ 608 bude rozšířeno o jeden stroj SBZ 608. Umístěn bude mezi dvě současná centra SBZ 608. V určeném místě je prostor o šířce 6,7m, který je možno pro stroj využít. Dispozičně bude umístění řešeno tak, aby poskytovalo potřebné plochy pro pohyb obslužných pracovníků.

Řešen také bude dispoziční problém jednotky ADS 259. V současném stavu by novému stroji neposkytla potřebné místo, proto bude přesunuta za pracoviště obrábění rámů. Tím se kromě potřeby místa vyřeší i problém křížení materiálového toku.

Dispoziční řešení je na obr.14.2.1



Obr. 14.2.1 Dispoziční řešení obráběcích pracovišť – varianta A

O nářez profilů pro nové centrum se postará pracoviště pily DG 142, které má v současném stavu nevyužité časové rezervy dostačující pro plánovaný nárůst výroby.

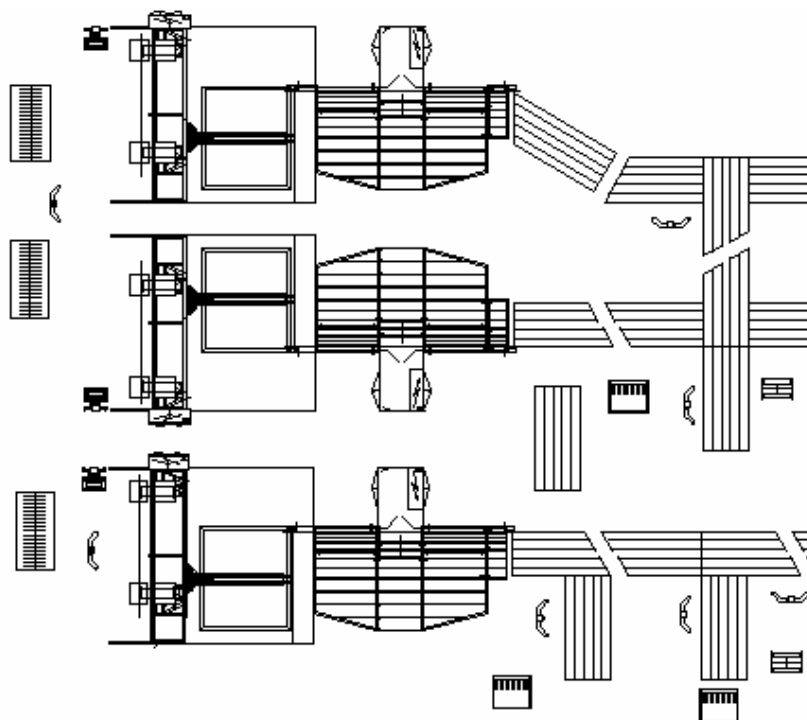
Navrhovaný stav počítá se zaměstnáním jednoho nového pracovníka.

Řešení svařovacích pracovišť

Nárůst kapacity svařovaných rámců je v tomto návrhu řešen pořízením dalšího svařovacího a začišťovacího centra. Kvůli zachování výrobního taktu jsou navrhovány stejné modely jako již používané (SE-VSM-30/26B a SE-4AS-CNC).

Centra budou umístěna vedle současných strojů, na rozdvojenou část křídlové výrobní linky budou napojena pomocí válečkového dopravníku. Obsluha všech svařovacích center bude zajištěna dvěma pracovníky, obě centra pro křídla jedním pracovníkem, svářečku pro rámy zajistí pracovník jednotky ADS 259.

Dispoziční řešení je na obr. 14.2.2



Obr. 14.2.2 Dispoziční řešení svařovacích pracovišť – varianta A

14.3 Návrh řešení B

Návrh je založen na celkové obměně strojního vybavení daných pracovišť. Počítá se s nákupem nových strojů a prodejem starých na protiúčet. Výkres dispozičního uspořádání je v příloze 3.

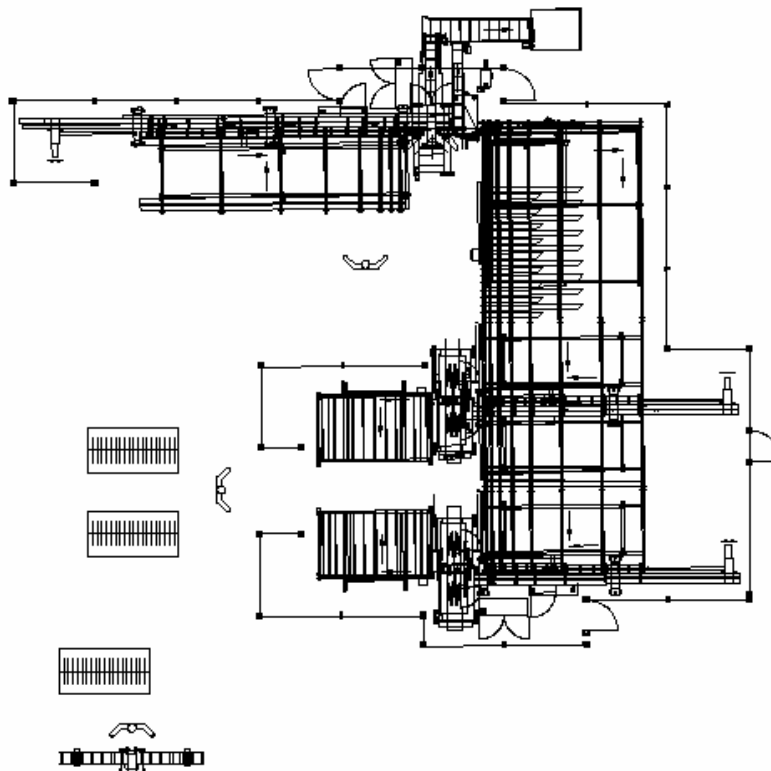
Řešení nářezového a obráběcího centra

V tomto řešení je upuštěno od rozdělení linky do části rámové a křídlové. Nářez a obráběcí operace bude zajišťovat moderní řešení od firmy Elumatec – obráběcí centrum SBZ 620. Jedná se o spojení inovovaného nářezového centra SBZ 610 s obráběcími centry SBZ 609, které se dají v návaznosti na nářez zapojit do série v maximálním počtu tří kusů. SBZ 609 se vyznačuje o 36% vyšším výkonem oproti modelu SBZ 608. Pro potřeby současné racionalizace budou v systému SBZ 620 zapojeny dvě centra SBZ 609. Výhodou tohoto řešení je současné zpracovávání křídel i rámů, všechna kapacita je pro křídla i rámy rozdělena rovnoměrně podle momentální potřeby. V případě dalšího rozšiřování výrobní kapacity poskytuje systém možnost rozšíření o jednu jednotku SBZ 609.



Obr. 14.3.1 Centrum na obrábění tyčí SBZ 620 [21]

Oproti současnému stavu je tato varianta méně prostorově náročná. Šroubovací jednotka ADS 259 bude umístěna pro minimální manipulaci vedle centra. Dispoziční řešení viz. obr.14.3.1



Obr. 14.3.2 Dispoziční řešení obráběcích pracovišť – varianta B

Oproti současnému stavu tato varianta šetří pracovní síly. Pracoviště nářezu, obrábění i šroubování kování jsou každé obsluhovány jedním pracovníkem.

Současné vybavení (pila DG 142, SBZ 610 a dvě SBZ 608) bude při koupi prodáno na protiúčet.

Řešení svařovacího pracoviště

Z původního pracoviště budou odstraněna centra SE-VSM-30/26B a SE-4AS-CNC, nahradí se novými.

SMI-HSM-30/25-P-DS – čtyřhlavé svářecí centrum umožňující svařování dvou oken stejných rozměrů současně



Obr. 14.3.3 Svařovací automat Stürtz SMI-HSM-30/25-P-DS [19]

SMI-MC-40/26-H-2K - čtyřhlavé začišťovací centrum

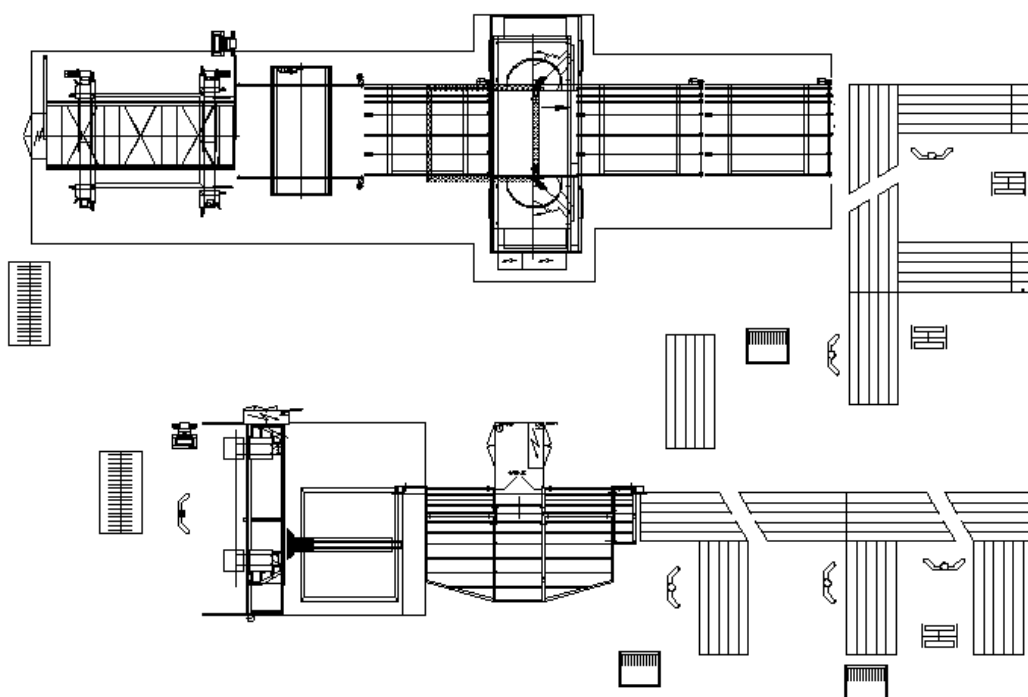


Obr. 14.3.4 Začišťovací centrum Stürtz SMI-MC-40/26-H-2K [20]

Centra tvoří komplexní řešení na svařování a obrábění svarů. Obsluha zajišťuje pouze vkládání profilů do svářečky, zbylé operace probíhají automaticky. Obsluhu všech svařovacích center bude zajišťovat jeden pracovník stejně jako v současné situaci. Centra jsou dodávána včetně

dopravníků a manipulátoru, veškerá manipulace tak probíhá bez zásahu pracovníka.

Dispoziční řešení návrhu je podobné jako stávající. Oba stroje na sebe navazují, umístěny budou tak, aby začištěné křídlo pokračovalo přímo na pracoviště montáže těsnění. Kvůli větší prostorové náročnosti bude napojení provedeno na vedlejší část rozdvojené linky než bylo doposud. Funkčnost rozdvojení zůstane zachována, odstraní se pouze přebytečné stoly válečkového dopravníku. Dispozice viz. obr. 14.3.5



Obr. 14.3.5 Dispoziční řešení svářecího pracoviště – varianta B

14.4 Srovnání variant

- ekonomické srovnání

Investiční náklady: - varianty A - 10200000Kč

- varianta B - 17200000Kč

variabilní náklady: - roční náklady na pracovníky jsou spočítány pro 16 a 14 pracovníků ve směně (dle varianty A a B) s průměrnou hrubou mzdou 17000Kč, počítáno je se směnností 2

- započítána je i spotřeba elektrické energie, cena za kW je 2,4Kč

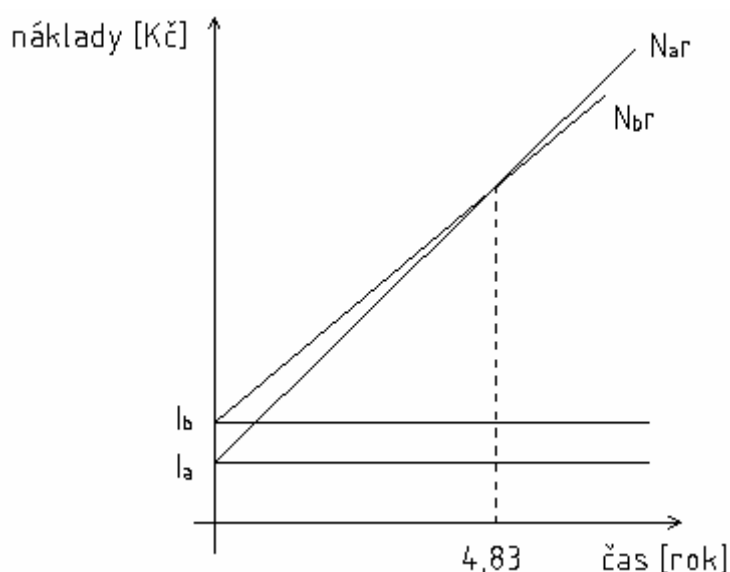
- varianta A – pracovníci – 8747520Kč
 - elektrická energie – 1108800Kč
- varianta B – pracovníci – 7654080Kč
 - elektrická energie – 753600Kč

Ve srovnání je počítáno s ročními variabilními náklady, výsledkem je počet roků, kdy začíná být ekonomicky výhodnější varianta s vyšší investiční náročností.

$$I_A + N_A \cdot r = I_B + N_B \cdot r$$

$$10200000 + (8747520 + 1108800) \cdot r = 17200000 + (7654080 + 753600) \cdot r$$

$$r = 4,83 \text{ roku}$$



Obr. 14.4 Ekonomické srovnání variant

První 4 roky provozu je výhodnější varianta A, při provozu delším než 4,83 roků je výhodnější B. Úpravy linky jsou projektovány pro dlouholeté použití, proto je za ekonomicky vhodnější zvolena varianta B.

- srovnání váhovým hodnocením

Srovnání variant se provede váhovým hodnocením. Hodnotící kritéria pokrývají technologické, organizační a ekonomické aspekty projektů. Hodnoty vah kritérií jsou stanoveny v rozmezí 1-5 (více znamená důležitější váhu), bodové hodnocení je stanoveno na hodnoty 1-10.

Kritéria / váha :	- výrobnost upravených pracovišť	/ 3
	- rozšiřitelnost linky	/ 1
	- velikost výrobních ploch	/ 2
	- složitost dispozice	/ 5

- počet pracovníků	/ 2
- doba realizace	/ 2
- investiční náklady	/ 5
- provozní náklady	/ 5

Ekonomické hlediska výrobního procesu jsou nejdůležitějšími kritérii, proto mají investiční i provozní náklady nejvyšší možnou váhu. Stejně tak dispozice řešení, která je důležitá díky velkému materiálovému toku ve výrobě a pohybu pracovníků.

Porovnání variant :

- výrobnost upravených pracovišť

- varianta A počítá s počtem třech kusů obráběcích center SBZ 608 a dvěma pracovišti svařování
- u varianty B jsou navrhována dvě centra SBZ 609 a jedno svařovací pracoviště
- počet teoretický obrobitelných profilů je u varianty A větší o přibližně 15%, svařovací a začišťovací pracoviště nabízí o 10% vyšší produktivitu

- rozšiřitelnost linky

- rozšiřitelnost ručních pracovišť je u obou variant shodná
- ve variantě A se nenachází mnoho volných prostor pro rozšíření strojních pracovišť, stroje konstrukčními možnostmi své rozšíření taky neumožňují
- varianta B nabízí rozšíření centra SBZ 620

- velikost výrobních ploch

- každá varianta dodržuje dané podmínky o prostorovém rozšíření, nové strojní vybavení je umístěno do volných prostor v lince
- ve variantě A zabírají stroje o přibližně 150m² více než v současném stavu
- předpokládaná prostorová náročnost varianty B proti současnosti narůstá o 10m²

- složitost dispozice

- varianta B je méně prostorově náročná a dispozičně tak nabízí více volného místa pro manipulaci materiálu a pohyb pracovníků než varianta A

- počet pracovníků

- varianta A – 16 pracovníků
- varianta B – 14 pracovníků

- doba realizace

- varianta A – předpokládaná doba realizace 10 pracovních dnů
- varianta B - předpokládaná doba realizace 20 pracovních dnů
- investiční náklady
 - zahrnují náklady na pořízení strojů a jejich příslušenství
 - varianta A – 10200000 Kč
 - varianta B – 17200000 Kč (cena je již snížena o stroje prodané protiúčtem)
- náklady na provoz, náklady na pracovníky
 - zahrnuty jsou náklady na provoz strojů a platy zaměstnanců (mzdy jsou ve firmě počítány úkolově)
 - varianta B proti současnosti ušetří ročně 250000Kč
 - varianta A má proti variantě B roční náklady o přibližně 1440000 Kč vyšší

Tab. 14.4 Váhové hodnocení variant řešení

Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B	
		Počet bodů	Váhové hodnocení	Počet bodů	Váhové hodnocení
Výrobnost linky	2	9	18	8	16
Rozšiřitelnost linky	1	3	3	6	6
Velikost výrobních ploch	2	6	12	9	18
Složitost dispozice	4	4	16	8	32
Počet pracovníků	2	5	10	7	14
Doba realizace	3	8	24	3	9
Investiční náklady	5	7	35	4	20
Náklady na provoz, na zaměstnance	5	4	20	8	40
Celkové váhové hodnocení			138		155
Pořadí		2		1	

Ze srovnání je patrná převaha varianty B. Pouze malé rozdíly ve výrobnosti k převaze ani jedné variantě nepřidává. Rozšiřitelnost linky a výrobní plochy dávají výhodu variantě B, stejně tak složitost dispozice. Ve prospěch varianty A jsou jednoznačně investiční náklady a doba realizace; ostatní náklady opět ve prospěch varianty B.

Za výhodnější řešení je zvolena varianta B.

TECHNOLOGICKÝ PROJEKT

15 KAPACITNÍ PROPOČET

Výpočet podle pouze některého typu okna by neposkytl dostatečný přehled o využití navrhovaných úprav, proto se kapacitní propočet provádí na základě procentuálního součtu všech vyráběných druhů. Jejich rozdělení z celkové výroby je uvedeno v tab.14, stejně tak jako vyráběný počet skel jednotlivých druhů. Toto množství je zvýšeno o 40%, což představuje navrhované zvýšení výrobní kapacity, a na jeho základě je kapacitní propočet vypracován. Do výpočtu jsou tak zahrnuty všechny druhy vyráběných oken.

Tab.15 Průměrné procentuelní složení vyráběného sortimentu

Druh okenního systému	Procento z celkové výroby [%]	Počet vyráběných oken v současné lince týdně [ks]	Počet vyrobených oken v upravené lince týdně [ks]
Jednokřídový	40	360	504
Dvoukřídový	45	410	574
Trojkřídový	15	140	196

15.1 Výpočet vyráběných kusů v upravené lince

$$n_{KRIDEL} = 504 + 574 \cdot 2 + 196 \cdot 3 = 2240 \text{ ks}$$

$$n_{RAMU} = 504 + 574 + 196 = 1274 \text{ ks}$$

$$n_{SLOUPKU} = 504 \cdot 0 + 574 \cdot 1 + 196 \cdot 2 = 966 \text{ ks}$$

Celkový počet nařezaných profilů

$$n_p = 2240 \cdot 4 + 1274 \cdot 4 + 966 = 15022 \text{ ks}$$

15.2 Výpočet časových fondů

Plánování výroby i výrobní kapacita jsou v podniku RI OKNA vztahovány k týdennímu časovému období. Proto se zde uváděné propočty z časového hlediska vztahují k tomuto vymezení.

- týdenní efektivní časový fond pro 1 směnu

$$E_r = D_{PT} \cdot T_{sm} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ hod}$$

- týdenní efektivní časový fond dělníka pro 1 směnu – do fondu jsou započítány průměrné roční neplánované absence přepočítané do týdenního průměru

$$E_D = E_r - 0,057 \cdot E_r = 40 - 0,057 \cdot 40 = 37,72 \text{ hod}$$

- týdenní efektivní časový fond stroje pro 1 směnu – ve fondu jsou zahrnuty odstávky způsobené údržbou stroje

$$E_s = E_r - 0,08E_r = 40 - 0,08 \cdot 40 = 36,8 \text{ hod}$$

15.3 Výpočet pracovišť

Časové hodnoty trvání operací na nově navrhovaných strojích, použité při výpočtech, jsou stanoveny podle poskytnutých informací firmou ELUMATEC GmbH & Co. KG. Hodnoty u nezměněných pracovišť byly zjištěny měřeními.

15.3.1 Výpočet počtu strojů

- pracoviště obrábění profilů

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot n_P}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{29 \cdot 15022}{3600 \cdot 36,8 \cdot 2} = 1,6442 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{sk1} = 2 \text{ ks}$$

- pracoviště svařování křídel

$$P_{th3KRIDLA} = \frac{t_{k3KRIDLA} \cdot n_{KRIDLA}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{90 \cdot 2240}{3600 \cdot 36,8 \cdot 2} = 0,7609 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{sk3KRIDLA} = 1 \text{ ks}$$

- pracoviště svařování rámu

$$P_{th3RAMY} = \frac{t_{k3RAMY} \cdot n_{RAMY}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{180 \cdot 1274}{3600 \cdot 36,8 \cdot 2} = 0,8655 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{sk3RAMY} = 1 \text{ ks}$$

15.3.2 Výpočet ručních pracovišť

- pracoviště šroubovací jednotky

$$P_{r2RAMY} = \frac{t_{k2} \cdot n_{RAMY}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{120 \cdot 1274}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 0,5629 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs2RAMY} = 1 \text{ ks}$$

- pracoviště montáže těsnění do křídel

$$P_{r4KRIDLA} = \frac{t_{k4KRIDLA} \cdot n_{KRIDLA}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{135 \cdot 2240}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 1,1135 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs4KRIDLA} = 1 \text{ ks}$$

- pracoviště montáže těsnění, sloupků a závěsů do rámu

$$P_{r4RAMY} = \frac{t_{k4RAMY} \cdot n_{RAMY}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{300 \cdot 1274}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 1,4073 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs4RAMY} = 2 \text{ ks}$$

- pracoviště montáže kování na křídla

$$P_{r5\text{KRIDLA}} = \frac{t_{k5\text{KRIDLA}} \cdot n_{\text{KRIDLA}}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{222 \cdot 2240}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 1,831 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs5\text{KRIDLA}} = 2 \text{ ks}$$

- pracoviště kompletace rámů a křídel

$$P_{r6} = \frac{t_{k6} \cdot n_{\text{KRIDLA}}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{99 \cdot 2240}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 0,8165 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs6} = 1 \text{ ks}$$

- pracoviště zasklívání

$$P_{r7} = \frac{t_{k7} \cdot n_{\text{KRIDLA}}}{3600 \cdot E_D \cdot s_s} = \frac{300 \cdot 2240}{3600 \cdot 37,72 \cdot 2} = 2,4744 \text{ ks} \quad \Rightarrow P_{rs7} = 2 \text{ ks}$$

15.3.3 Využití strojů a ručních pracovišť

$$\eta_{op1} = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{1,6442}{2} \cdot 100 = 82,21\%$$

$$\eta_{op2\text{RAMY}} = \frac{P_{r2\text{RAMY}}}{P_{rs2\text{RAMY}}} \cdot 100 = \frac{0,5629}{1} \cdot 100 = 56,29\%$$

$$\eta_{op3\text{KRIDLA}} = \frac{P_{th3\text{KRIDLA}}}{P_{sk3\text{KRIDLA}}} \cdot 100 = \frac{0,7609}{1} \cdot 100 = 76,09\%$$

$$\eta_{op3\text{RAMY}} = \frac{P_{th3\text{RAMY}}}{P_{sk3\text{RAMY}}} \cdot 100 = \frac{0,8655}{1} \cdot 100 = 86,55\%$$

$$\eta_{op4\text{KRIDLA}} = \frac{P_{r4\text{KRIDLA}}}{P_{rs4\text{KRIDLA}}} \cdot 100 = \frac{1,1135}{1} \cdot 100 = 111,35\%$$

$$\eta_{op4\text{RAMY}} = \frac{P_{r4\text{RAMY}}}{P_{rs4\text{RAMY}}} \cdot 100 = \frac{1,4073}{2} \cdot 100 = 70,37\%$$

$$\eta_{op5\text{KRIDLA}} = \frac{P_{r5\text{KRIDLA}}}{P_{rs5\text{KRIDLA}}} \cdot 100 = \frac{1,831}{2} \cdot 100 = 91,55\%$$

$$\eta_{op6} = \frac{P_{r6}}{P_{rs6}} \cdot 100 = \frac{0,8165}{1} \cdot 100 = 81,65\%$$

$$\eta_{op7} = \frac{P_{r7}}{P_{rs7}} \cdot 100 = \frac{2,4744}{2} \cdot 100 = 123,72\%$$

15.3.4 Zhodnocení využití pracovišť

Vypočítané hodnoty využití pracovišť odpovídají výrobě průměrného složení sortimentu (dle typu oken), je však nutno počítat s mírnými výkyvy v obou směrech podle momentálních zakázek. Jednotlivá pracoviště jsou využita na poměrně vysoké úrovni. Využití pracoviště montáže těsnění křídel a zasklívání dokonce přesahuje 100%.

U montáže těsnění bude nedostatečná kapacita řešena pomocí neplně využitého pracovníka z vedlejší linky. Pracoviště obou linek jsou od sebe vzdálena pouze 5m, díky tomu přecházení mezi nimi nebude činit problém. I na tomto pracovišti se montuje těsnění, rozdílnost prací tak není překážkou a pracovník na dalším pracovišti využije svých volných kapacit.

Nedostatečná výrobnost zasklívacích pracovišť bude řešena jejich racionalizací. Na pracovišti se provede reorganizace skladování skel, čímž se podstatně sníží manipulační čas na pracovišti. Předpokládaná úspora času na jedno sklo činí 1,5 minuty, časová náročnost zasklení je pak 3,5 minuty. Využití dvou pracovišť se v takovém případě pohybuje kolem 85%, což pro účely navrhovaných kapacitních zvýšení postačuje.

15.4 Výpočet výrobních ploch

Plochy pracovišť byly zjištěny z projektové dokumentace, u navrhovaných pracovišť byly odvozeny od velikosti strojního vybavení.

15.4.1 Plochy pracovišť

Plocha strojních pracovišť v současném stavu

$$F_{SS} = F_{SS1KRIDL A} + F_{SS1RAMY} + F_{SS2RAMY} + F_{SS4KRIDL A} + F_{SS4RAMY}$$

$$F_{SS} = 242 + 33 + 70 + 87 + 87 = 519 \text{ m}^2$$

Plocha ručních pracovišť v současném stavu

$$F_{RS} = F_{RS3RAMY} + F_{RS5KRIDL A} + F_{RS5RAMY} + F_{RS6KRIDL A} + F_{RS7} + F_{RS8}$$

$$F_{RS} = 12 + 39 + 39 + 38 + 12 + 42 = 182 \text{ m}^2$$

Plocha strojích pracovišť v navrhovaném stavu

$$F_{SN} = F_{SN1} + F_{SN3KRIDL A} + F_{SN3RAMY}$$

$$F_{sn} = 279 + 160 + 87 = 526 \text{ m}^2$$

Plocha ručních pracovišť v navrhovaném stavu

$$F_{RN} = F_{RN2RAMY} + F_{RN4KRIDL A} + F_{RN4RAMY} + F_{RN5KRIDL A} + F_{RN8} + F_{RN9}$$

$$F_{RN} = 12 + 39 + 39 + 38 + 12 + 42 = 182 \text{ m}^2$$

Rozdílnost ploch současných a navrhovaných

$$F_R = F_{SN} + F_{RN} - F_{SS} - F_{RS}$$

$$F_R = 526 + 182 - 519 - 182 = 7 \text{ m}^2$$

15.4.2 Zhodnocení využití výrobních ploch

Navrhované úpravy strojních pracovišť jsou prostorově náročnější o 7m². Z hlediska dispozičního je ale nové rozmístění strojů výhodnější. V současném stavu zasahuje značná část centra SBZ 610 prostorově do lodě, kde se nachází další linka. Tento problém je v navrhovaném řešení částečně odstraněn. Jak je vidět na výkrese dispozičního řešení (viz. příloha 3), do sousední lodě zasahuje jen část stroje odvádějící odpad do kontejneru. Celková dispozice poskytuje volnější prostory pro manipulaci s materiálem a zásobování linky.

16 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Kvůli smluvním závazkům s dodavateli není firma RI OKNA a.s. oprávněna sdělovat třetím osobám nákupní ceny materiálů, strojního a nástrojového vybavení, ceny odebírané elektrické energie. Proto v následujícím výpočtu nebylo možno použít čísla, která by přesně odpovídala nákupním podmínkám firmy.

Během rozhovorů s dodavatelskými firmami byly zjištěny průměrné ceny dodávaného materiálu a ceny strojů. Použité ceny elektrické energie jsou stanoveny podle ceny kupované energie jiné výrobní firmy přibližně stejné velikosti a náročnosti výroby.

Následující ekonomický propočet je proto nutno brát pro účely firmy jako přibližný, skutečnosti odpovídá za předpokladu stejných nákupních cen jako zde použitých.

Tržby a výdaje se v ekonomickém propočtu počítají pro počet oken vyrobených oproti současnému stavu navíc. Stejně tak se počítá pouze s materiálem a režii přímo závislými na navýšeném množství. Ostatní položky, které se při změně výrobní kapacity nemění, nejsou započítány.

16.1 Hodnocení obratu

Poptávka po výrobě oken v průběhu roku značně kolísá. Předpokládané využití zvýšené kapacity bude v letních měsících maximální, v zimních měsících nulové. Není proto možno počítat s plným využitím zvýšené výrobnosti. Předpokládaný nárůst prodeje bude činit 42,5% z navýšené výrobní kapacity. Ekonomický propočet vychází z nárůstu prodeje právě o tuto procentní hodnotu. Počet prodaných oken ukazuje tabulka 15.1.

Tab.16.1 Nárůst vyrobených a prodaných oken

Druh okenního systému	Zvýšená výrobní kapacita oken týdně [ks]	Předpokládané procento prodaných oken [%]	Předpokládaný nárůst v počtu prodaných oken [ks]
Jednokřídový	144	42,5	61
Dvoukřídový	164	42,5	70
Trojkřídový	56	42,5	24

Výpočty tržeb a nákladů se vztahují k roční časové době, počítá se s padesáti pracovními týdny.

16.2 Hodnocení tržeb

Prodejní ceny oken jsou stanoveny podle ceníku firmy RI OKNA a.s. (dostupné např. na oficiálních webových stránkách). Při výpočtu byly použity ceny oken převážně středních velikostí (viz tabulka 15.2).

Tab. 16.2 Ceny okenních systémů

Druh okenního systému	Cena
Jednokřídový	5287
Dvoukřídový	8971
Trojkřídový	12164

$$T = (n_J \cdot C_J + n_D \cdot C_D + n_T \cdot C_T) \cdot 50 = (61 \cdot 5287 + 70 \cdot 8971 + 24 \cdot 12164) \cdot 50$$

$$T = 57603900 \text{ Kč}$$

Při předpokládaném zvýšení prodeje oken dojde k nárůstu tržeb o přibližně 57,6 milionů Kč.

16.3 Hodnocení nákladů

Do hodnocení jsou zahrnuty náklady, jejichž hodnota se při zvýšení výrobní kapacity mění.

16.3.1 Náklady na pořízení strojů

Ceny nových strojů jsou uvedeny včetně nákladů na jejich montáž, přepočet měn je 1euro = 27Kč.

Elumatec SBZ 610: 220000euro / 5940000Kč

Elumatec SBZ 609: 173440euro / 4682880Kč

StürzSMI-HSM-30/25-P-DS: 180000euro / 4860000Kč

Stürz SMI-MC-40/26-H-2K: 120900euro / 3264300Kč

$$N_s = 5940000 + 2 \cdot 4682880 + 4860000 + 3264300$$

$$N_s = 23430060 \text{ Kč}$$

16.3.2 Náklady obětované příležitosti

Jedná se o zisk, kterého by firma dosáhla během plánované doby realizace. Hodnota nákladu se získá rozdílem tržeb a přímých nákladů za 4 týdny a odečtením daně ze zisku 20%.

$$N_o = (T_{OP} - N_{OP}) \cdot 0,8 = (29137560 - 21093888) \cdot 0,8$$

$$N_o = 6434938 \text{ Kč}$$

16.3.3 Náklady na zaměstnance

Pracovníci výrobní linky jsou odměňováni úkolově, hrubá mzda činí 5,3Kč za vyrobené sklo. V navrhované lince je 14 stálých pracovníků. Hrubou mzdu je nutno vynásobit koeficientem 1,34, který představuje náklad zaměstnavatele na platbu sociálního a zdravotního pojištění zaměstnanci.

$$N_z = n_{NKRIDEL} \cdot M \cdot n_{PRAC} \cdot 1,34 \cdot 50 = 273 \cdot 5,3 \cdot 14 \cdot 1,34 \cdot 50$$

$$N_z = 1357192 \text{ Kč}$$

I přes menší potřebu pracovníků oproti současnému stavu se náklady na pracovníky zvyšují. Je to dáno úkolovým odměňováním.

16.3.4 Náklady na materiál

V tabulce 15.3.4 jsou uvedeny náklady na přímý materiál jednotlivých typů oken. Ceny byly spočítány podle průměrně vyráběných rozměrů.

Tab. 16.3.4 Náklady na materiál

Druh okenního systému	Náklady na profily [Kč]	Náklady na sklo [Kč]	Náklady na kování [Kč]	Náklady na ostatní materiál [Kč]	Náklady celkem [Kč]
Jednokřídový	1462	1500	600	70	3632
Dvoukřídový	2186	1784	920	150	5040
Trojkřídový	3183	2458	1330	230	7201

$$N_M = (n_J \cdot N_J + n_D \cdot N_D + n_T \cdot N_T) \cdot 50 = (61 \cdot 3632 + 70 \cdot 5040 + 24 \cdot 7201) \cdot 50$$

$$N_M = 37358800 \text{ Kč}$$

Podle zjištěných cen materiálů dojde při předpokládaném zvýšení prodeje oken k nárůstu nákladů na spotřebovaný materiál o hodnotu 37358800 Kč.

16.3.5 Náklady na režie

Režijní náklady se počítají jako procento z cen použitého materiálu. Počtem vyráběných kusů jsou ovlivněny pouze zásobovací a odbytová režie. Zásobovací režie činí 8%, správní a odbytová režie 5%.

$$N_R = (0,08 + 0,05) \cdot N_M = (0,08 + 0,05) \cdot 37358800$$

$$N_R = 4856644 \text{ Kč}$$

16.3.6 Náklady na spotřebovanou elektrickou energii

Cena elektrické energie za jeden kW činí 2,4 Kč. Příkony použitých strojů jsou uvedeny v tabulce 15.3.6.

Tab. 16.3.6 Příkony strojů

Stroje v současné lince	Příkon stroje [kW]	Stroje v navrhované lince	Příkon stroje [kW]
SBZ 610	16	SBZ 610	16
SBZ 608	15	SBZ 609	16
SBZ 608	15	SBZ 609	16
DG 142	4	SMI-HSM-30/25-P-DS	14,5
SE-VSM-30/26B	11,5	SMI-MC-40/26-H-2K	17
SE-4AS-CNC	12		
Celkem	73,5	Celkem	79,5

Navrhovaný stav je o 6kW náročnější na odběr elektrické energie.

$$N_E = 6 \cdot E_S \cdot s_S \cdot N_E \cdot 50 = 6 \cdot 36,8 \cdot 2 \cdot 2,4 \cdot 50$$

$$N_E = 52992 \text{ Kč}$$

16.4 Nákladová návratnost

Investiční náklady na nákup nových strojů budou hrazeny z cizích zdrojů bankovním úvěrem s ročním úročením 7%, doba splácení úvěru bude 5 let.

Do investičních nákladů jsou kromě ceny strojů započítány i náklady obětované příležitosti a náklady na racionalizaci zasklívacích pracovišť. Ty jsou stanoveny na 478000Kč.

Prodejní cena starých strojů je odhadnuta na 6164000Kč. Roční odpisy nových strojů činí 4708612Kč.

Investiční náklady na stroje a vybavení zasklívacího pracoviště

$$I = N_S + N_{ZASK} = 23430060 + 478000$$

$$I = 23908060Kč$$

Náklady na úvěr

Počáteční stav úvěru je roven rozdílu investičních nákladů a prodejní ceny starých strojů. Roční úroková sazba činí 7%. Přehled nákladů na úvěr je v tab.15.4.

Tab. 16.4 Náklady na úvěr

Splátka	Počáteční stav úvěru [Kč]	Splátka [Kč]	Úrok [Kč]	Úmor [Kč]	Konečný stav úvěru [Kč]
1	17506060	4269565	1225424	3044141	14461919
2	14461919	4269565	1012334	3257231	11204688
3	11204688	4269565	784328	3485237	7719451
4	7719451	4269565	542362	3729204	3990248
5	3990248	4269565	279317	3990248	0
Celkem		21347826	3841766	17506060	

Náklady na úvěr činí 21347826Kč, z toho 3841766Kč jsou úroky.

Celkové náklady na výrobu (bez strojního vybavení)

$$N_C = N_Z + N_M + N_R + N_E$$

$$N_C = 1357192 + 37358800 + 4856644 + 52992$$

$$N_C = 43625628Kč$$

Přírůstek zisků

$$U_r = (T - N_C - O_d) \cdot (1 - d)$$

$$U_r = (57603900 - 43625628 - 4708612) \cdot (1 - 0,2)$$

$$U_r = 7415728Kč$$

Nákladová návratnost

$$U_n = \frac{I - C_s + U + N_o}{U_r + O_d}$$

$$U_n = \frac{23908060 - 6164000 + 3841766 + 6434938}{7415728 + 4708612}$$

$$U_n = 2,31 \text{ roku}$$

16.5 Zhodnocení ekonomického propočtu

V ekonomickém propočtu byly vypočítány nárůsty ročních tržeb a nákladů vztahujících se ke zvýšené produkci oken. Z dílčích výpočtů se v závěru dospělo k nákladové návratnosti 2,31 roků. Jedná se o příznivý výsledek.

17 ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Kapacitní propočty ukázaly, že navrhované řešení je z hlediska výrobních možností pro naše potřeby plně vyhovující. Požadovaná výrobní kapacita je dosažena a nedostatky současného stavu, uvedené v kapitole 10.1, jsou odstraněny.

Vyrovnaní výrobních možností křídlové a rámové části linky bylo dosaženo použitím výkonnějšího svařovacího a začišťovacího centra, stejně tak jako obráběcím centrem, které dosahovanou výrobnost rozděluje rovnoměrně mezi potřeby výrobního plánu.

Dispozičně špatně umístěná šroubovací jednotka ADS 259/11 byla v rámci racionalizace přesunuta na nové místo, kde lépe zapadá do celkového materiálového toku. Výkres navrhované dispozice je v příloze 3, schéma materiálového toku v příloze 4.

V projektu byly dodrženy stanovené omezení a splněny dané požadavky. Ekonomické zhodnocení ukázalo, že investiční náklady na realizaci projektu se firmě vrátí za necelé tři roky.

ZÁVĚR

Firma RI OKNA a.s. je jedním z největších výrobců plastových oken v České republice. V nedávné době rozšířila svůj výrobní program o nové okenní systémy. V rámci celkových úprav bylo předmětem této práce zhodnotit současný stav jedné z výrobních linek, navrhnout možná zlepšení jejích slabých míst a docílit zvýšení výrobní kapacity.

Před započítáním práce a v jejím průběhu proběhly několikrát návštěvy sídla firmy, kde byly provedeny sběry potřebných informací jak diskusemi s příslušnými zaměstnanci, tak pozorováním a měřením. Při těchto návštěvách byla zjištěna slabá místa linky, pro která jsou v práci navrhovány racionalizace. Jedná se především o pracoviště obrábění a svařování křidel, která jsou v porovnání se stejnými pracovišti na zpracování ráků nedostatečně dimenzovaná.

Pro nalezení optimálního řešení úprav byly vypracovány dvě varianty racionalizace linky. První varianta A byla založena na nákupu nových strojů, které budou umístěny do současné dispozice. Druhá varianta B sestávala z prodeje současného strojního vybavení a nákupu nových strojů. Díky dlouholeté spolupráci firmy RI OKNA a.s. s firmou ELUMATEC GmbH & Co. KG, která strojní vybavení dodává, bylo možné počítat s prodejem strojů protiúctem.

Po váhovém hodnocení variant dle několika kritérií byla za lepší zvolena varianta B, která byla poté vypracována do podoby technologického projektu. Byly vyrovnány výrobní kapacity částí linky na zpracování křidel a ráků, upraveno bylo nevhodné umístění šroubovací jednotky a byl proveden kapacitní propočet, který potvrdil, že navrhované řešení úprav dostahuje k navýšení výrobní kapacity o 40%.

Firma RI OKNA a.s. v rámci smluv s dodavateli není oprávněna sdělovat informace o cenách nakupovaných polotovarů a strojů třetím osobám. Pro účely ekonomického zhodnocení byly proto tyto informace zjištěny od jednotlivých dodavatelů. Na jejich základě byly spočteny tržby a náklady vzniklé nárůstem výroby a spočítány předpokládané roční zisky. Výsledná nákladová návratnost ukázala, že navrhovaná investice se vrátí za necelé tři roky. Technologický projekt je tak vhodný k realizaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HORÁK, J. *Skladování a manipulace s materiálem*. Bzenec: RI OKNA a.s., 2006
2. HORÁK, J. *SMĚRNICE: Pracovní postupy při činnostech a práci na strojích pro výrobu plastových oken*. Bzenec: RI OKNA a.s., 2006
3. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. 3.vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6
4. LENFELD, P. *Technologie II* [online]. Poslední revize 26.11.2008 [cit.2009-17-04]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm>
5. LENFELD, P. *Technologie II* [online]. Poslední revize 26.11.2008 [cit.2009-17-04]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm>
6. LOYDA, Miloslav., ŠPONER, Vlastimil., ONDRÁČEK, Ladislav. *Svařování termoplastů*. 1. vyd. Praha: UNO Praha, spol. s.r.o., 2001. 496 s. ISBN 80-238-6603-6
7. MILO, Peter. *Technologické projektovanie v praxi*. 2. vyd. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, 1990. 400 s. ISBN 80-05-00103-7
8. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3
9. ZELENKA, Antonín., KRÁL, Mirko. *Projektování výrobních systémů*. 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2
10. ZELENKA, Antonín., PRECLÍK, Vratislav., HANINGER, Milan. *Projektování výrobních procesů II: obrábění a montáže*. 1. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 1992. 158 s. ISBN 80-01-00863-0
11. *Polyvinylchlorid - Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. Poslední revize 7.5.2009 [cit.2009-17-04]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/PVC>>
12. *Salamander Streamline SL profilový systém: Technické informace pro zpracování profilů*. Salamander Industrie-Produkte GmbH
13. *RI OKNA - Historie a profil firmy* [online]. [cit.2009-03-10]. Dostupné z: <<http://www.ri-okna.cz/firma/historie>>
14. *Standardní izolační dvojskla Climalit* [online]. [cit.2009-03-23]. Dostupné z: <<http://www.akuterm.cz/climalit.html>>
15. *SC servis spol s r.o.: Pilous – TMJ*. [online]. [cit.2009-04-13]. Dostupné z: <http://www.sc-servis.cz/cz/katalog-pasovych-pil/index_id_48_pid_8_akce_detail.htm>
16. *Elumatec – elektronický obchod*. [online]. [cit.2009-03-15]. Dostupné z: <[http://www.elumatec.com/application/elumatec_app000007?APPL=ELUMATEC&FRAMEPAGE=shopstart.entryCZ.htm&DIR=pages/TschechRepublik/Produkte&ANZ_SPRACHE=EN&ACTIONxSESSxSHOW\(index.htm\)=X](http://www.elumatec.com/application/elumatec_app000007?APPL=ELUMATEC&FRAMEPAGE=shopstart.entryCZ.htm&DIR=pages/TschechRepublik/Produkte&ANZ_SPRACHE=EN&ACTIONxSESSxSHOW(index.htm)=X)>

17. *Vertical Single Line* — *Willi Sturtz Maschinenbau GmbH*. [online]. [cit.2009-03-17]. Dostupné z: <Vertical Single Line — Willi Sturtz Maschinenbau GmbH>
18. *RI OKNA – TECHNICKÁ DOKUMENTACE – STANDARD*. [online]. [cit.2009-03-21]. Dostupné z: <<http://www.ri-okna.cz/sortiment/detail-profilu-okna?id=okna&profil=standard&s=1>>
19. *SMI-HSM-P-DS* — *Sturtz Machinery, Inc.* [online]. [cit.2009-04-03]. Dostupné z: <<http://www.sturtz.com/pvc-windows-machinery/product-overview/welders/hsm-compact-plus-ds>>
20. *SMI-MC-H-2K* — *Sturtz Machinery, Inc.* [online]. [cit.2009-04-03]. Dostupné z: < <http://www.sturtz.com/pvc-windows-machinery/product-overview/corner-cleaners/mc-h-2k> >
21. *Elumatec – PVC*. Hlohovec: Elumatec Slovensko s.r.o., 2008

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
X	[mm]	Souřadnice objektu
Y	[mm]	Souřadnice objektu
x_i	[mm]	Souřadnice objektu
y_i	[mm]	Souřadnice objektu
q_i	[-]	Hodnota vztahu mezi objekty
I	[Kč]	investiční náklady
I_A	[Kč]	fixní investiční náklady
I_B	[Kč]	fixní investiční náklady
N_A	[Kč]	roční náklady na výrobu
N_B	[Kč]	roční náklady na výrobu
Q	[ks/rok]	množství výrobků
T_Z	[rok]	doba životnosti
U_n	[rok]	Nákladová návratnost
O_d	[Kč/rok]	průměrné roční odpisy nové investice
C_s	[Kč]	prodejní cena starých vyřazovaných strojů
U_r	[Kč/rok]	roční úspora nákladů, roční přírůstek zisku
α	[°]	úhel hřbetu
γ	[°]	úhel čela
v	[m min ⁻¹]	řezná rychlost
t	[mm]	rozteč zubů
φ	[°]	úhel špičky
s	[mm/ot]	posuv
r	[rok]	Počet roků
n_{KRIDEL}	[ks]	Počet vyrobených křídel
n_{RAMU}	[ks]	Počet vyrobených rámu
$n_{SLOUPKU}$	[ks]	Počet vyrobených sloupků
n_p	[ks]	Počet nařezaných profilů
E_r	[hod]	Týdenní efektivní časový fond pro 1 směnu
D_{PT}	[den]	Počet pracovních dní v týdnu
T_{sm}	[hod]	Počet pracovního hodin ve směně
E_D	[hod]	Týdenní efektivní časový fond dělníka v 1 směně
E_S	[hod]	Týdenní efektivní časový fond stroje v 1 směně
P_{th}	[ks]	Teoretický počet strojů
t_k	[min]	Kusový čas na operaci
S_s	[-]	Směnnost
P_r	[ks]	Teoretický počet ručních pracovišť
P_{sk}	[ks]	Skutečný počet strojů
P_{rs}	[ks]	Skutečný počet ručních pracovišť
η_{op}	[%]	Procento využití pracoviště

F_{SS}	$[m^2]$	Plocha strojního pracoviště v současném stavu
F_{RS}	$[m^2]$	Plocha ručního pracoviště v současném stavu
F_{SN}	$[m^2]$	Plocha strojního pracoviště v navrhovaném stavu
F_{RN}	$[m^2]$	Plocha ručního pracoviště v navrhovaném stavu
F_R	$[m^2]$	Rozdíl celkové plochy linky v současném a navrhovaném stavu
T	[Kč]	Tržby
n_J	[ks]	Nárůst prodaných jednokřídlých oken
n_D	[ks]	Nárůst prodaných dvoukřídlých oken
n_T	[ks]	Nárůst prodaných trojkřídlých oken
C_J	[Kč]	Cena jednokřídlého okna
C_D	[Kč]	Cena dvoukřídlého okna
C_T	[Kč]	Cena trojkřídlého okna
N_S	[Kč]	Náklady na pořízení strojů
N_O	[Kč]	Náklady obětované příležitosti
T_{OP}	[Kč]	Teoretické tržby během doby realizace projektu
N_{OP}	[Kč]	Teoretické náklady během doby realizace projektu
N_Z	[Kč]	Náklady na zaměstnance
M	[Kč/ks]	mzda
n_{PRAC}	[pracovník]	Počet pracovníků
N_J	[Kč]	Náklady na jednokřídlé okno
N_D	[Kč]	Náklady na dvoukřídlé okno
N_T	[Kč]	Náklady na trojkřídlé okno
N_M	[Kč]	Náklady na materiál
N_R	[Kč]	Náklady na režie
N_E	[Kč]	Náklady na spotřebovanou elektrickou energii
N_{ZASK}	[Kč]	Náklady na zasklívací pracoviště
N_C	[Kč]	Celkové náklady na výrobu
d	[%]	Sazba daně z příjmu
U	[Kč]	Úrok z úvěru

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Dispozice výrobní haly – současný stav
Příloha 2 Dispozice varianty A
Příloha 3 Dispozice varianty B
Příloha 4 Materiálový tok